

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



## Πτυχιακή διατριβή

Πρόβλεψη αέριων εκπομπών από τις οδικές  
μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030

ΕΛΕΝΑ ΛΑΟΥ

Λεμεσός 2013

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

## **Πτυχιακή διατριβή**

Πρόβλεψη αέριων εκπομπών από τις οδικές  
μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030

ΕΛΕΝΑ ΛΑΟΥ

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Θεόδωρος Ζαχαριάδης

Λεμεσός 2013

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Έλενα Λαού, 2013

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής διατριβής από το Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας Δρ. Θεόδωρο Ζαχαριάδη για την καθοδήγησή του και τις συμβουλές του. Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους γονείς και τις αδερφές μου που όλα αυτά τα χρόνια είναι δίπλα μου. Τέλος ευχαριστώ την ξαδέρφη μου Έλενα και τις κολλητές μου για την υποστήριξη.

## **ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

Περίληψη.....	5
Πίνακας Περιεχομένων.....	7
Κατάλογος Συνοτομογραφιών.....	9
Πρόλογος.....	10
1. Εισαγωγή.....	11
1.1 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από τις μεταφορές.....	12
2. Μοντέλα υπολογισμού ρύπων	
2.1 COPERT.....	13
2.1.1 Βασικές αρχές υπολογισμού εκπομπών των οχημάτων.....	14
2.1.2 Εκπομπές κατά την λειτουργία του κινητήρα σε κανονική θερμοκρασία.....	16
2.1.3 Εκπομπές ψυχρής εκκίνησης.....	18
2.1.4 Εκπομπές από αναθυμιάσεις υδρογονανθράκων.....	20
2.2 FOREMOVE.....	23
3. Εκπεμπόμενοι ρύποι από τα οχήματα.....	25
3.1 Διοξείδιο του άνθρακα.....	25
3.2 Μονοξείδιο του άνθρακα.....	26
3.3 Οξείδια του αζώτου.....	28
3.4 Μη μεθανιούχες πτητικές ενώσεις.....	29
3.5 Αιωρούμενα σωματίδια.....	30
3.6 Διοξείδιο του θείου.....	31
4. Πρόβλεψη του πληθυσμού οχημάτων μέχρι το 2030.....	33
5. Πρόβλεψη εκπομπών ρύπων μέχρι το 2030.....	38
5.1 Εκπομπή ρύπων σε αστικούς, επαρχιακούς και αυτοκινητόδρομους.....	39
5.2 Εκπομπή ρύπων ανά κατηγορία οχήματος.....	42

6. Τεχνολογίες μείωσης εκπομπών ρύπων.....	46
7. Δράσεις μείωσης εκπεμπόμενων ρύπων.....	51
7.1 Δράσεις στην ηλικιακή κατανομή οχημάτων.....	51
7.2 Αύξηση ενεργειακής απόδοσης οχημάτων.....	51
7.3 Φορολόγηση εκπομπών CO <sub>2</sub> .....	52
7.4 Εναλλακτικά καύσιμα.....	54
7.5 Ηλεκτρικά οχήματα.....	58
7.6 Υβριδικά οχήματα.....	60
7.7 Πετρέλαιο πόλης.....	63
7.8 Υγραεριοκίνητα οχήματα.....	64
7.9 Έξυπνη διαχείριση της κυκλοφορίας.....	64
7.10 Οικολογική οδήγηση – Αλλαγές στον τρόπο οδήγησης.....	64
8. Συμπεράσματα.....	66
9. Βιβλιογραφία.....	68

### Κατάλογος Συντομογραφιών

Μονοξείδιο του άνθρακα	CO
Διοξείδιο του άνθρακα	CO <sub>2</sub>
Οξείδια του αζώτου	NO <sub>x</sub>
Διοξείδιο του αζώτου	N <sub>2</sub> O
Μονοξείδιο του αζώτου	NO
Άζωτο	N
Μη μεθανιούχες πτητικές ενώσεις	NMVOC
Υδρογονάνθρακες	HC
Μεθανιούχες ενώσεις	VOC
Μεθάνιο	CH <sub>4</sub>
Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες	PAHs
Αιωρούμενα σωματίδια	PM <sub>10</sub> PM <sub>20</sub>
Διοξείδιο του θείου	SO <sub>2</sub>
Αμμωνία	NH <sub>3</sub>
Έμμονοι οργανικοί ρύποι	POPs
Οξυγόνο	O <sub>2</sub>
Νερό	H <sub>2</sub> O
Θείο	S

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί μελέτη για την πρόβλεψη αέριων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030. Με την χρήση του λογισμικού μοντέλου υπολογισμών από την οδική κυκλοφορία COPERT 4 υπολογίσθηκαν οι εκπεμπόμενοι ρύποι για κάθε κατηγορία και κυβισμό οχημάτων. Εξετάζονται οι κατηγορίες οχημάτων, οι οποίες εξαρτώνται από τον τύπο του οχήματος (επιβατικά, φορτηγά, μοτοσικλέτες και λεωφορεία), τον τύπο του καυσίμου και την τεχνολογία του οχήματος.

Η πρόβλεψη του πληθυσμού των οχημάτων επιτεύχθηκε μέσω της εξίσωσης του FOREMOVE. Ο πληθυσμός των οχημάτων προσομοιώνεται μέσω σιγμοειδούς συνάρτησης Gompertz. Η συνάρτηση αντιπροσωπεύει τους τρεις τύπους βασικών αγορών: ακμάζουσες, αναπτυσσόμενες και κορεσμένες αγορές. Μέσω της συνάρτησης Gompertz προβάλλεται η μελλοντική πυκνότητα οχημάτων. Τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τις στατιστικές προβλέψεις του ανθρώπινου πληθυσμού, οι οποίες λήφθηκαν από την Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, για την εκτίμηση του πληθυσμού των οχημάτων για τα έτη 2020 και 2030.



## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα των οχημάτων και η ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου έχουν οδηγήσει στην αυξανόμενη αγορά τους. Καθώς η οικονομία αναπτύσσεται, ο κάθε οδηγός αποκτά το δικό του όχημα με άμεση επίπτωση την αυξανόμενη κατανάλωση καυσίμων και, συνεπώς, των εκπομπών αέριων ρύπων από τις εξατμίσεις των οχημάτων (το Ινστιτούτο Worldwatch σε πρόσφατη έκθεσή του αναφέρει ότι η μισή ποσότητα NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC και το μεγαλύτερο ποσοστό μολύβδου εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα). Οι εκπομπές ρύπων δεν προέρχονται μόνο από τα αυτοκίνητα παλιάς τεχνολογίας, αλλά και από μια μερίδα σύγχρονων αυτοκινήτων λόγω κακής ρύθμισης ή συντήρησης των καταλυτών τους.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση υποστηρίζει μία στρατηγική για τα ενεργειακά αποδοτικά και μη ρυπογόνα οχήματα, η οποία αφορά τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και τους υπόλοιπους ρύπους που παράγονται κατά την καύση. Στην προσπάθεια επίτευξης επαρκών μειώσεων των εκπομπών CO<sub>2</sub>, καθόρισε τα όρια εκπομπών για τα νέα αυτοκίνητα σε ένα μέσο όρο των 130 γραμμαρίων ανά χιλιόμετρο μεταξύ των ετών 2012 και 2015. Επίσης, προτίθεται να καταστήσει αυστηρότερα αυτά τα όρια θεσπίζοντας μείωση τους σε 95 γραμμάρια ανά χιλιόμετρο έως το έτος 2020. Τέλος, στις 28 Απριλίου 2010, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανακοίνωσε την στρατηγική της για την ενθάρρυνση της ανάπτυξης και αξιοποίησης των καθαρών και ενεργειακά αποδοτικών (“πράσινων”) βαρέων οχημάτων (λεωφορείων και φορτηγών), ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων (αυτοκινήτων και φορτηγών) και άλλων οχημάτων (δίκυκλων, τρίκυκλων και τετράκυκλων). (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, n.d.)

Η ρύπανση που προκαλείται από τα οχήματα προέρχεται από τον μέσο συντελεστή εκπομπής ενός οχήματος, εκφρασμένο λ.χ. σε γραμμάρια ρύπου ανά χιλιόμετρο που διανύεται, τη μέση χιλιομετρική απόσταση που διανύεται από κάθε όχημα τη δεδομένη χρονική περίοδο και τον συνολικό αριθμό των οχημάτων που κυκλοφορούν στην περιοχή στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα. (Ζαχαριάδης, 1997) Τα βενζινοκίνητα οχήματα εκπέμπουν λιγότερο CO, NO<sub>x</sub> και υδρογονάνθρακες (HC). Ταξί, φορτηγά, λεωφορεία που καίνε ντίζελ, εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες αιθάλης (PM). Το 90% των σωματιδίων έχουν διάμετρο μικρότερη από 1 mm με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο χρόνος αιώρησης των σωματιδίων και αυτά να καταλήγουν

ευκολότερα στους πνεύμονες. Τα σωματίδια προκαλούν μεταλλαξιογόνα δράση στους οργανισμούς.

### **1.1 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από τις Μεταφορές**

Σχεδόν το ένα τρίτο της ολικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση χρησιμοποιείται από τις μεταφορές. Οι ανάγκες για ενέργεια από τις μεταφορές αυξάνεται, σε αντίθεση με τις ανάγκες ενέργειας στην βιομηχανία και σε άλλους σκοπούς οι οποίες έχουν μειωθεί ελαφρώς.

Η ζήτηση για μεταφορές είναι πολύ στενά συνδεδεμένη με την οικονομική ανάπτυξη. Οι μεταφορές είναι ένα πολύ πολύτιμο και απαραίτητο μέσο της σύγχρονης κοινωνίας αλλά, όλο και περισσότερο, η διαδεδομένη ύπαρξή τους αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα σε μια εκτενή σειρά ανεπιθύμητων παρενεργειών. Η συμφόρηση της κυκλοφορίας καθιστά τις πόλεις λιγότερο ευχάριστες και μειώνει την αποδοτικότητα του μεταφορικού συστήματος μέσω της αύξησης του χρόνου ταξιδιών, της κατανάλωσης καυσίμου και του άγχους των οδηγών.

Μια σημαντική καταστρεπτική περιβαλλοντική επίδραση των οχημάτων είναι η συμβολή τους στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Κάθε λίτρο καυσίμου που καίγεται παράγει, κατά προσέγγιση, 100 γραμμάρια CO, 20 γραμμάρια πτητικών οργανικών ενώσεων, 30 γραμμάρια NOx, 2,5 κιλά CO<sub>2</sub> και ποικίλες άλλες εκπομπές συμπεριλαμβανομένων των ενώσεων μολύβδου και θείου. Οι εκπεμπόμενοι ρύποι εντείνουν το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης του πλανήτη, λόγω των εκπομπών CO<sub>2</sub> και άλλων «αερίων του θερμοκηπίου». (Eu-Portal, 2003)

## **2. Μοντέλα Υπολογισμού ρύπων**

### **2.1 COPERT**

Στα μέσα της δεκαετίας του 80 με βάση την οδηγία 85/338/ΕΟΚ του Συμβουλίου της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, η 11η Γενική Διεύθυνση της Επιτροπής ψήφισε ένα πρόγραμμα συστηματικής συλλογής πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση του περιβάλλοντος στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα, με το όνομα CORINE (Coordination d' Information Environnementale). Ένα μέρος του προγράμματος σχετιζόταν με τις εκπομπές αέριων ρύπων από όλες τις πηγές ρύπανσης και πήρε την ονομασία CORINAIR. Ο σημαντικότερος τομέας του προγράμματος ήταν ο υπολογισμός των αέριων εκπομπών από την οδική κυκλοφορία. Ο υπολογισμός των εκπομπών προαπαιτεί συγκεκριμένη μέθοδο και κατάλληλο προσδιορισμό των συντελεστών εκπομπής, έτσι σχηματίστηκε συγκεκριμένη ομάδα εργασίας, η οποία κατέληξε στον καθορισμό μεθόδου υπολογισμού των συντελεστών εκπομπής και τελικά των εκπομπών των οχημάτων (Eggleston et al. 1989), η οποία μάλιστα κωδικοποιήθηκε και σε πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή με την ονομασία COPERT (**C**omputer **P**rogramme to Calculate **E**missions from **R**oad **T**raffic - Samaras and Zierock 1989a), με στόχο την εκτίμηση αερίων εκπομπών από την οδική κυκλοφορία εν συμφωνία με τις απαιτήσεις διεθνών συνεδρίων και πρωτοκόλλων και με την νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. (“Environmental Protection Management & Economics,” 2012) Το COPERT χρησιμοποιείται ως επίσημο εργαλείο για τον υπολογισμό εκπομπών από τα οχήματα από τις ευρωπαϊκές χώρες και χρησιμοποιείται επίσης και για ερευνητικούς σκοπούς.

Το λογισμικό COPERT χρησιμοποιείται για τις εθνικές απογραφές των ρύπων. Ωστόσο, έχει αποδειχθεί ότι η μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αρκετά καλή ακρίβεια και για υψηλότερες αναλύσεις, δηλαδή για τη διενέργεια αστικών απογραφών με χωρικό πλέγμα έως 1x1 km<sup>2</sup> και χρονική ανάλυση μίας ώρας.

Η ομάδα εργασίας εργάζεται συνεχώς και εξελίσσει το πρόγραμμα. Η νεότερη έκδοση είναι το COPERT 4. Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος έχει την επίβλεψη και την αναβάθμιση του προγράμματος στο πλαίσιο των δράσεων του την ατμοσφαιρική ρύπανση και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

Η μεθοδολογία του COPERT 4 είναι μέρος του οδηγού απογραφής των αέριων εκπομπών του EMEP/EEA. Ο οδηγός απογραφής και πρόβλεψης των εκπομπών που αναπτύχθηκε από την ομάδα εργασίας της UNECE, έχει ως στόχο να υποστηρίξει την υποβολή εκθέσεων στα πλαίσια της σύμβασης της UNECE για τη διαμεθοριακή ρύπανση της ατμόσφαιρας και την οδηγία της Ε.Ε. σχετικά με τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών. (“COPERT,” 2013)

### **2.1.1 Βασικές Αρχές υπολογισμού των εκπομπών των οχημάτων**

Ο υπολογισμός των συνολικών ετήσιων εκπομπών ρύπων που παράγονται από την οδική κυκλοφορία εξαρτάται από τις ακόλουθες μεταβλητές:

- Τα χαρακτηριστικά του στόλου των οχημάτων,
- Τις συνθήκες οδήγησης,
- Τους συντελεστές εκπομπής,
- Την ολική κατανάλωση καυσίμου.

Οι εκπομπές διακρίνονται σε τρεις πηγές προέλευσης: εκπομπές που παράγονται κατά τη θερμικά σταθεροποιημένη φάση λειτουργίας του κινητήρα, εκπομπές κατά τη φάση ψυχρής εκκίνησης και εκπομπές λόγω εξάτμισης υδρογονανθράκων. Οι ολικές εκπομπές υπολογίζονται ως το γινόμενο των δεδομένων δραστηριότητας που έχει εισάγει ο χειριστής του προγράμματος και παράγοντες εκπομπής που υπολογίζονται από το λογισμικό. (“Εκπεμπόμενοι ρύποι από την κυκλοφορία για τα δύο βασικά σενάρια : (α) Χωρίς μετρό και (β) Με μετρό,” n.d.)

Το πρόγραμμα κατηγοριοποιεί τα οχήματα με τον εξής τρόπο:

- Βενζινοκίνητα, πετρελαιοκίνητα (diesel), υγραεριοκίνητα (LPG) και υβριδικά επιβατικά αυτοκίνητα
- Ελαφρά βενζινοκίνητα, πετρελαιοκίνητα και υγραεριοκίνητα φορτηγά
- Βαρέα βενζινοκίνητα οχήματα (φορτηγά και λεωφορεία)
- Πετρελαιοκίνητα βαρέα οχήματα με ή χωρίς ρυμουλκούμενο (φορτηγά και λεωφορεία)
- Δίτροχα κυβισμού μικρότερα από 50cm<sup>3</sup> και μεγαλύτερο από 50cm<sup>3</sup> με δίχρονο ή τετράχρονο κινητήρα. (Μέλλιος, Γιώργος, 2009)

Το COPERT υπολογίζει τις εκπομπές όλων των νομοθετημένων ρύπων (CO, NO<sub>x</sub>, μεθανιούχες πτητικές ενώσεις (VOC), PM) που εκπέμπονται από διάφορες κατηγορίες οχημάτων (επιβατικά οχήματα, ελαφρά και βαρέα φορτηγά, λεωφορεία, μοτοποδήλατα και μοτοσικλέτες) καθώς και εκπομπών CO<sub>2</sub> προερχόμενο από την καύση καυσίμου. Επιπλέον, υπολογίζονται εκπομπές για ένα μεγάλο αριθμό μη νομοθετημένων ρύπων, μεταξύ των οποίων μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), διοξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O), αμμωνία (NH<sub>3</sub>), SO<sub>2</sub>, βαρέα μέταλλα, πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) και έμμονοι οργανικοί ρύποι (POPs). Τέλος, το πρόγραμμα υπολογίζει εκπομπές NMVOC, συνολικές και ανά χημική ένωση. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι τέσσερις κατηγορίες ρύπων και οι εκπομπές τους. Στον Πίνακα 2 φαίνονται οι μέθοδοι εκτίμησης ρύπων. (European Environment Agency, 2006)

<b>Κατηγορία Ρύπων</b>	<b>Εκπομπές</b>
Νομοθετημένοι	CO
	NO <sub>x</sub>
	VOC
	PM
Μη Νομοθετημένοι	NMVOC
	CH <sub>4</sub>
	N <sub>2</sub> O
	NH <sub>3</sub>
	SO <sub>2</sub>
Βασισμένοι στην κατανάλωση καυσίμου	CO <sub>2</sub>
	Fuel Consumption (FC)
Βαρέα Μέταλλα	Pb
	Cu
	Ct
	Cr
	Ni
	Se
	Zn

Πίνακας 1: Κατηγορίες ρύπων που εξετάζονται στο υπολογιστικό μοντέλο COPERT

Μέθοδος	Ρύποι
Συντελεστές Εκπομπών	CO, NO <sub>x</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , PM (συμπεριλαμβάνονται: PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , EC κτλ.) αριθμός και το εμβαδό επιφάνειας των PM
Κατανάλωση Καύσιμου	CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Se, Zn
Ποσοστό ολικού VOC	PAHs, POPs, διοξίνες, ουράνιο, αλκάνιο, αλδεΐδες, κετόνες, κυκλοαλκάνια, αρωματικά

Πίνακας 2: Μέθοδοι εκτίμησης ρύπων

### **2.1.2 Εκπομπές κατά την λειτουργία του κινητήρα σε κανονική θερμοκρασία**

Οι εκπομπές σε κανονική λειτουργία ή θερμή εκκίνηση είναι αυτές που προκύπτουν, κατά την εκκίνηση, τόσο από τον κινητήρα όσο και από τα επιμέρους εξαρτήματα των συστημάτων αντιρύπανσης όταν βρίσκονται στην κανονική θερμοκρασία λειτουργίας τους και αποτελούν τις βασικές εκπομπές ενός οχήματος.

Ο υπολογισμός των εκπομπών από τα οχήματα σε κανονική θερμοκρασία βασίζεται σε στατιστικά δεδομένα σε σχέση με το μέγεθος του στόλου (αριθμός οχημάτων ανά κατηγορία) και τον τρόπο οδήγησης σε αστικούς δρόμους, σε επαρχιακούς δρόμους και σε αυτοκινητόδρομους. Επίσης εξαρτάται από τα διανυόμενα χιλιόμετρα, την ταχύτητα, την ηλικία του οχήματος, το μέγεθος και το βάρος του κινητήρα και σε πειραματικά προσδιορισμένους συντελεστές εκπομπής. Οι συντελεστές εκπομπής δίνονται ως συνάρτηση της μέσης ταχύτητας του οχήματος, της τεχνολογίας και της ηλικίας του κινητήρα. (ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α. ΚΥΡΙΑΚΗΣ, 1998) Οι εκπομπές ανά χρονική περίοδο υπολογίζονται από την Εξίσωση 1.

$$\text{Εκπομπές ανά χρονική περίοδο (gr)} = \text{Συντελεστή εκπομπών (gr/km)} * \text{Αριθμός οχημάτων (veh)} * \text{Χιλιόμετρα ανά όχημα ανά χρονική περίοδο (km/veh)} \quad (1)$$

Σε ετήσια βάση υπολογίζεται με τη βοήθεια της ακόλουθης σχέσης, Εξίσωση 2:

$$EHOT_{:i,j} = N_j * M_{j,k} * e_{Hotj,i,k} \quad (2)$$

$EHOT_{i,j}$ : οι συνολικές εν θερμώ εκπομπές του ρύπου  $i$  σε (g) κατά το έτος αναφοράς (στο εξής έτος) που προήλθαν από την κατηγορία οχημάτων  $j$  για κίνηση σε δρόμους  $k$

$N_j$ : ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων (veh) κατηγορίας  $j$  ανά έτος

$M_{j,k}$ : η ετησίως διανυόμενη απόσταση σε (km/veh) από τα οχήματα της κατηγορίας  $j$  στους δρόμους  $k$  ανά έτος

$eHOT_{i,j,k}$ : ο συντελεστής εν θερμώ εκπομπής σε (g/km) για το ρύπο  $i$ , συγκεκριμένης κατηγορίας οχημάτων  $j$ , για κίνηση σε δρόμους  $k$

$i$ : ο εξεταζόμενος ρύπος

$j$ : κατηγορία οχημάτων

$k$ : κατηγορία δρόμου για κίνηση σε αστικό δρόμο (urban), επαρχιακό δρόμο (rural) ή αυτοκινητόδρομο λόγω των διαφορετικών συνθηκών κυκλοφορίας σε καθεμία από αυτές τις κατηγορίες αντιστοιχεί σε διαφορετική μέση ταχύτητα κίνησης

Για κάθε κατηγορία και τάξη οχήματος υπάρχουν οι κατάλληλοι συντελεστές εκπομπών, ο αριθμός των οχημάτων και τα χιλιόμετρα που έχουν διανύσει. Οι συντελεστές εκπομπών θερμότητας είναι αντίστοιχοι με τους συντελεστές εκπομπών όταν ο κινητήρας λειτουργεί με σταθερή θερμοκρασία. Έτσι οι συντελεστές εξαρτώνται μόνο από τη μέση ταχύτητα. Οι μετρήσεις εξαρτώνται από την χρονική περίοδο (μήνα, έτος, κτλ).

Οι κινητήρες των οχημάτων δεν είναι δυνατό να πραγματοποιήσουν τέλεια καύση (που θα είχε σαν αποτέλεσμα την εκπομπή μόνο  $CO_2$  και υδρατμών) αλλά εκπέμπουν μια σειρά ρύπων στο περιβάλλον. Η ρύπανση που προκαλείται είναι αποτέλεσμα ατελούς καύσης, ο έλεγχος αποτελεί ένα πολύπλοκο πρόβλημα, αφού οι κινητήρες των τροχοφόρων λειτουργούν κάτω από ασταθείς συνθήκες (αυξομείωση του φορτίου και των στροφών). Υπάρχει το CO που προέρχεται κυρίως από τους βενζινοκινητήρες, τα  $NO_x$  και οι άκαυτοι HC, που είναι υπεύθυνοι για τη φωτοχημική καπνομίχλη και τέλος τα σωματίδια, μεταξύ των οποίων κι ο καπνός, που προέρχεται κυρίως από τους κινητήρες ντίζελ.

Όλα αυτά εκπέμπονται σε μόνιμη βάση απ' όλους τους κινητήρες των τροχοφόρων άσχετα από τις συνθήκες λειτουργίας τους με τη διαφορά, ότι οι συνθήκες αυτές

επηρεάζουν σημαντικά την ποσότητα των ρύπων που εκπέμπει ο κάθε κινητήρας. Η εξίσωση υπολογισμού των συνολικών εκπομπών είναι η Εξίσωση 3.

$$E_{total}=E_{urban}+E_{rural}+E_{highway} \quad (3)$$

$E_{urban}$ ,  $E_{rural}$ ,  $E_{highway}$ : Οι συνολικές εκπομπές (gr) για κάθε ρύπο για τις αντίστοιχες συνθήκες οδήγησης

Η ταχύτητα των οχημάτων επηρεάζει την εκπομπή ρύπων. Για τον υπολογισμό των ρύπων (Εξίσωση 4) χρησιμοποιείται μία μέση ταχύτητα για το κάθε είδος δρόμου (επαρχιακός, αστικός και αυτοκινητόδρομος).

$$e_{HOT}; i, j, k = \int [e(V) \times f_{j, k}(V)] dV \quad (4)$$

i: ρύπος

j: τάξη του οχήματος (κατηγορία καύσιμου)

k: κατηγορία δρόμου

V: ταχύτητα του οχήματος με βάση την κατηγορία του δρόμου

$f_{j, k}$ , k: η εξίσωση της μέσης ταχύτητας σε σχέση με την κατηγορία του δρόμου και του οχήματος. Το αποτέλεσμα εξαρτάται από την τάξη του οχήματος j και οδικό δίκτυο τύπου k.

### **2.1.3 Εκπομπές ψυχρής εκκίνησης**

Ο υπολογισμός των εκπομπών ψυχρής εκκίνησης βασίζεται σε ιδιαίτερους συντελεστές και στη συνολική απόσταση που διανύεται από το μέσο όχημα, μέχρι ο κινητήρας να φθάσει ή να ξεπεράσει την θερμοκρασία των 70°C όπου οι εκπομπές σταθεροποιούνται σε αυτές της κανονικής λειτουργίας. Η απόσταση που διανύεται με τον κινητήρα σε μεταβατική λειτουργία, προσδιορίζεται ως ποσοστό της συνολικά διανυόμενης απόστασης, με βάση τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και το μέσο μήκος διαδρομής ανά εκκίνηση του κινητήρα.



Η ψυχρή εκκίνηση όταν συνδυάζεται με τις θερμές εκπομπές έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη εκπομπή ρύπων. Εμφανίζεται και στις τρεις κατηγορίες οδήγησης και περισσότερο στους αστικούς δρόμους λόγω των συχνών εκκινήσεων. Αν και εκπέμπονται από όλες τις τεχνολογίες καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα οχήματα οι συντελεστές εκπομπών ψυχρής εκκίνησης είναι διαθέσιμοι μόνο για την βενζίνη, το ντίζελ και το υγραέριο. Σε αντίθεση με τις θερμές εκπομπές οι συντελεστές δεν έχουν σχέση με την ηλικία του οχήματος. Οι συντελεστές ψυχρής εκκίνησης δίνονται σε συνάρτηση των συντελεστών της θερμής εκκίνησης και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

Οι ψυχρές εκπομπές υπολογίζονται ως επιπλέον εκπομπές στα οχήματα τα οποία λειτουργούν με θερμό κινητήρα και προθερμασμένους καταλύτες. Τα χιλιόμετρα που διανύονται μέχρι να θερμανθεί ο κινητήρας εξαρτώνται από τις κλιματικές συνθήκες.

Οι ψυχρές εκπομπές υπολογίζονται ως επιπλέον εκπομπές ανά χιλιόμετρο με βάση τον ακόλουθο τύπο, Εξίσωση 5:

$$e_{Cold\ i,j} = \beta_{i,j} \times N_j \times M_j \times e_{Hot\ i,j} \times (e_{Cold} / e_{Hot\ I,j} - 1) \quad (5)$$

$E_{COLD}$ ;  $i, j$ : συνολικές εν ψυχρώ εκπομπές του ρύπου  $i$  σε (g) από οχήματα της κατηγορίας  $j$  ανά έτος

$\beta_{i, j}$ : ποσοστό της χιλιομετρικής απόστασης των οχημάτων  $j$  που διανύεται με ψυχρό κινητήρα ή καταλύτη που λειτουργεί σε μικρότερες θερμοκρασίες από τις θερμοκρασίες που παρατηρούνται όταν υπάρχει φως. Για ρύπους τύπου  $i$  και οχήματα κατηγορίας  $j$

$N_j$ : ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων (veh) κατηγορίας  $j$  ανά έτος

$M_j$ : η ετησίως διανυόμενη απόσταση σε (km/veh) από τα οχήματα της κατηγορίας  $j$

$e_{COLD} / e_{HOT\ i,j}$ : αδιάστατος λόγος των εκπομπών με κρύο κινητήρα προς τις εκπομπές της εν θερμώ λειτουργίας για το ρύπο  $i$  και τα οχήματα της κατηγορίας  $j$ . Η αύξηση των εκπομπών  $e_{COLD} / e_{HOT}$  εξαρτάται από την θερμοκρασία και τους ρύπους

Το ποσοστό της ολικής χιλιομετρικής απόστασης που διανύεται εν ψυχρώ, δηλαδή ο συντελεστής  $\beta$ , εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και από το μήκος διαδρομής (trip length), ή τη διανυόμενη χιλιομετρική απόσταση ανά εκκίνηση του κινητήρα (ανά άνοιγμα και κλείσιμο της μίζας). Το μήκος διαδρομής ( $l_{trip}$ ) είναι άλλη μια μεταβλητή που κατά κανόνα πρέπει να προσδιοριστεί προσεγγιστικά βάσει εκτιμήσεων καθώς τα διαθέσιμα στοιχεία είναι περιορισμένα και σε λίγες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν διεξαχθεί μετρήσεις για τον καθορισμό του.

Ο λόγος (Ecold/eHOT) εξαρτάται επίσης από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ελλείψει περισσότερων στοιχείων, η μέθοδος περιορίζεται στον υπολογισμό εκπομπών ψυχρής εκκίνησης μόνο για τα επιβατικά αυτοκίνητα και τα ελαφρά φορτηγά. Ακόμη θεωρείται ότι όλες οι εκπομπές εν ψυχρώ λειτουργίας παράγονται κατά την κίνηση των οχημάτων σε αστικές περιοχές (γι' αυτό το λόγο στην προηγούμενη Εξίσωση 5 δεν υπεισέρχεται το είδος δρόμου  $k$ ). Είναι όμως δυνατό ένα μέρος αυτών των εκπομπών να κατανεμηθεί και σε κίνηση σε επαρχιακούς δρόμους και αυτοκινητόδρομους.

Στις αγροτικές περιοχές οι εκκινήσεις με ψυχρό κινητήρα εκπέμπουν υπερβολική ποσότητα ρύπων όταν τα χιλιόμετρα που διανύονται με μη θερμικά σταθεροποιημένο κινητήρα (παράμετρος  $\beta$ ) είναι περισσότερα από τα καθορισμένα χιλιόμετρα σε αστικές περιοχές (Surban). Με βάση αυτή την υπόθεση η Εξίσωση 5 παίρνει την εξής μορφή, Εξίσωση 6:

Αν  $\beta_{i,j} > \text{SURBAN}$

$$e_{\text{Cold Urban } i,j} = S_{\text{Urban } i,j} \times N_j \times M_j \times e_{\text{Hot Urban } i,j} \times (e^{\text{Cold}}/e^{\text{Hot } i,j} - 1)$$

$$e_{\text{Cold Rural } i,j} = (\beta_{i,j} - \text{Surbani},j) \times N_j \times M_j \times e_{\text{Hot Urban } i,j} \times (e^{\text{Cold}}/e^{\text{Hot } i,j} - 1) \quad (6)$$

#### **2.1.4 Εκπομπές από αναθυμιάσεις υδρογονανθράκων**

Οι εκπομπές από αναθυμιάσεις HC αναφέρονται μόνο σε βενζινοκίνητα οχήματα λόγω της υψηλής πτητικότητας της βενζίνης. Περιλαμβάνονται σε τρεις κατηγορίες αναθυμιάσεων:

- Ημερήσιες διαφυγές (diurnal losses).

- Διαφυγές κατά τη διάρκεια ακινητοποίησης του οχήματος μετά τη χρήση του (hot and warm soak emissions), με διάκριση σε εκπομπές οχημάτων με εξαεριοτή (carburettor) και με σύστημα έγχυσης (fuel injection).
- Διαφυγές κατά την κίνηση του οχήματος (running losses).

Οι συνολικές εκπομπές λόγω εξάτμισης HC από τα βενζινοκίνητα οχήματα προκύπτουν από την παρακάτω σχέση, Εξίσωση 7:

$$E_{evaj} = 365 * \alpha_i * (ed + Sc + Sfi) + RU \quad (7)$$

$E_{evaj}$ : συνολικές εκπομπές λόγω εξάτμισης υδρογονανθράκων σε (g) της κατηγορίας οχημάτων j ανά έτος

$\alpha_i$ : αριθμός των κυκλοφορούντων βενζινοκίνητων οχημάτων (veh.) κατηγορίας i ανά έτος

$ed$ : μέσος συντελεστής ημερήσιων διαφυγών των βενζινοκίνητων οχημάτων που είναι εφοδιασμένα με μεταλλική δεξαμενή καυσίμου εξαρτάται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, την ημερήσια θερμοκρασιακή μεταβολή και την πτητικότητα της βενζίνης

$Sc$ : εκπομπές λόγω εξάτμισης υδρογονανθράκων κατά την εν θερμώ ακινητοποίηση των βενζινοκίνητων οχημάτων με σύστημα εξαεριοτή

$Sfi$ : εκπομπές λόγω εξάτμισης υδρογονανθράκων κατά την εν θερμώ ακινητοποίηση των βενζινοκίνητων οχημάτων με σύστημα έγχυσης

$RU$ : συνολικές ετήσιες εκπομπές από αναθυμιάσεις υδρογονανθράκων κατά την κίνηση των βενζινοκίνητων οχημάτων

Οι παραπάνω παράμετροι παράγονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$S^c = (1-q) (p \chi e^{s,hot} + w \chi e^{s,warm})$$

$$S^{fi} = q e^{fi} \chi$$

$$R = M_j (p e^{r,hot} + w e^{r,warm})$$

όπου,

q: ποσοστό των βενζινοκίνητων οχημάτων που είναι εφοδιασμένα με σύστημα έγχυσης καυσίμου

p: ποσοστό των διαδρομών ενός οχήματος που τελειώνουν με θερμό κινητήρα

w : ποσοστό των διαδρομών ενός οχήματος που τελειώνουν χωρίς να αποκτήσει ο κινητήρας την κανονική θερμοκρασία λειτουργίας (κατά εκτίμηση λαμβάνεται  $w \approx \beta$ )

χ: μέσος αριθμός διαδρομών ενός οχήματος ανά ημέρα ( $\chi = \frac{M_j}{365 \times l_{trip}}$ )

$e^{s,hot}$ : μέσος συντελεστής εξάτμισης υδρογονανθράκων κατά την ακινητοποίηση του οχήματος, όπου ο κινητήρας είχε την κανονική θερμοκρασία λειτουργίας εξαρτάται από την πτητικότητα της βενζίνης

$e^{s,warm}$ : μέσος συντελεστής εξάτμισης υδρογονανθράκων κατά την ακινητοποίηση του οχήματος, όπου ο κινητήρας δεν είχε αποκτήσει την κανονική θερμοκρασία λειτουργίας εξαρτάται τόσο από την πτητικότητα της βενζίνης, όσο και από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος

$e^{fi}$ : μέσος συντελεστής εξάτμισης υδρογονανθράκων κατά την ακινητοποίηση οχήματος που είναι εφοδιασμένο με σύστημα έγχυσης

$e^{r,hot}$ : μέσος συντελεστής εξάτμισης υδρογονανθράκων κατά την κίνηση του οχήματος με τον κινητήρα του σε κανονική θερμοκρασία λειτουργίας είναι συνάρτηση της πτητικότητας της βενζίνης και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος

$e^{r,warm}$ : μέσος συντελεστής εξάτμισης υδρογονανθράκων κατά την κίνηση του οχήματος με τον κινητήρα σε ψυχρή λειτουργία είναι συνάρτηση της πτητικότητας της βενζίνης και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος

$M_j$ : η ετησίως διανύμενη απόσταση σε (km/veh.) από τα βενζινοκίνητα οχήματα της κατηγορίας j

Στον υπολογισμό των αναθυμιάσεων δεν υπεισέρχεται το είδος των δρόμων στους οποίους κινούνται τα οχήματα. Όπως και στις εκπομπές ψυχρής εκκίνησης, οι εκπομπές από αναθυμιάσεις μπορούν να κατανεμηθούν με οποιονδήποτε τρόπο στις

τρεις κατηγορίες δρόμων, ανεξάρτητα από τα προεκτιμηθέντα ποσοστά κίνησης  $d_{j,k}$  σε καθεμιά από αυτές.

## **2.2 FOREMOVE**

Το πρόγραμμα FOREMOVE (FORecast of Emissions from MOtor Vehicles), χρησιμοποιήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την πρόβλεψη των εκπομπών από κινητές πηγές για κάθε κράτος μέλος και παρέχει την πλήρη απογραφή των εκπομπών στον τομέα των μεταφορών. Το FOREMOVE αποτελείται από πέντε ενότητες:

1. Χαρακτηριστικά του στόλου των οχημάτων
2. Χρήση οχήματος (αστικοί, επαρχιακοί και αγροτικοί δρόμοι)
3. Συντελεστές βελτίωσης
4. Αλγόριθμος υπολογισμού εκπομπής
5. Υπολογισμός εκπομπών από τα οχήματα

Ο στόλος των οχημάτων διαχωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες: επιβατικά οχήματα, φορτηγά (ελαφρά και βαρέα), λεωφορεία και δίκυκλα. Οι πληροφορίες για τον πληθυσμό κάθε κατηγορίας λαμβάνεται από την Στατιστική Υπηρεσία κάθε χώρας, ώστε να υπολογιστεί ο δείκτης ιδιοκτησίας οχημάτων (εκφράζεται ως ο αριθμός οχημάτων ανά 1000 κατοίκους). Ακολουθεί η εκτίμηση της μελλοντικής εξέλιξης του αριθμού οχημάτων και τα αποτελέσματα συνδυάζονται με δεδομένα χρήσης οχημάτων για την πρόβλεψη του συνολικού κυκλοφοριακού έργου.

Ο αλγόριθμος υπολογισμού εκπομπών βασίζεται στην μεθοδολογία COPERT. Ο αλγόριθμος πρόβλεψης του αριθμού οχημάτων προσομοιώνει την εξέλιξη του αριθμού των οχημάτων ανά χώρα, καθώς και την κατανομή τους ανάλογα με τον τύπο του οχήματος και την ηλικία του. Για τον υπολογισμό των εκπομπών εισάγονται τα αποτελέσματα του μοντέλου πρόβλεψης του αριθμού οχημάτων (αριθμός, χρήση και ηλικιακή κατανομή οχημάτων, ανά χώρα και έτος).

Το FOREMOVE εκτιμά τις εκπομπές από τις οδικές μεταφορές για τα μέλη που ανήκαν στην ΕΕ από το 1990 μέχρι το 2010. Η Αυστρία, Φιλανδία, Νορβηγία, Σουηδία και Ανατολική Γερμανία δεν περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα, έτσι οι

εκπομπές από την οδική κυκλοφορία ακολουθούν τις τιμές εκπομπών των ευρωπαϊκών χωρών. (Pearson, 2001) Επίσης γίνεται η εκτίμηση του ρυθμού απόσυρσης και της διάρκειας ζωής οχημάτων, με βάση τα οποία προσομοιώνει η ανανέωση του στόλου οχημάτων και η ηλικιακή κατανομή τους. Τέλος η ηλικιακή κατανομή συσχετίζεται με την τεχνολογική εξέλιξη των οχημάτων, δηλαδή υπολογίζεται η αναλογία οχημάτων κάθε τεχνολογίας στο σύνολο του πληθυσμού οχημάτων ανά έτος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός πίνακα αντιστοιχίας τεχνολογιών με τα έτη κατά τα οποία εισάγονται νέα οχήματα στην αγορά για κάθε τεχνολογία.

### **3. Εκπεμπόμενοι Ρύποι από τα Οχήματα**

Στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, οι εκπομπές από την κυκλοφοριακή κίνηση εμφάνισαν αυξανόμενες απειλές στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Καθώς η πλειοψηφία του πληθυσμού της ΕΕ διαμένει σε πόλεις και ο αριθμός των οχημάτων που κυκλοφορούν έχει αυξηθεί ραγδαία τα οχήματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε προβλήματα διαχείρισης της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.

Τα οχήματα εκπέμπουν επικίνδυνους ρύπους στην ατμόσφαιρα, όπως CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, PM, NMVOCs και SO<sub>2</sub>. Ακόμα και μετά τις σημαντικές βελτιώσεις στην τεχνολογία των καυσίμων και στην τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τις μηχανές των αυτοκινήτων, τα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που σχετίζονται με την κυκλοφοριακή κίνηση παίρνουν παγκοσμίως ανησυχητικές διαστάσεις.

#### **3.1 Διοξείδιο του Άνθρακα**

Το CO<sub>2</sub> είναι ένα άχρωμο, άοσμο, μη δηλητηριώδες αέριο που αποτελεί μέρος της γήινης ατμόσφαιρας. Θεωρείται αέριο θερμοκηπίου δεδομένου ότι παγιδεύει τη θερμότητα (υπέρυθρη ενέργεια) που ακτινοβολείται από τη γη στην ατμόσφαιρα και με αυτόν τον τρόπο συμβάλλει στη δυνατότητα παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η δυνατότητα συνεισφοράς στο φαινόμενο του θερμοκηπίου άλλων αερίων μετριέται σε σχέση με αυτήν του CO<sub>2</sub>, στο οποίο με βάση διεθνή επιστημονική σύμβαση έχει αποδοθεί η τιμή της μονάδας.

Όταν η βενζίνη, το πετρέλαιο ή τα εναλλακτικά καύσιμα καίγονται για να παραχθεί ενέργεια από έναν κινητήρα, κύριο προϊόν είναι το CO<sub>2</sub>. Οι εκπομπές των οχημάτων αποτελούν το 15% των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub>. (ΣΕΑΑ, 2012)

Οι μεταφορές είναι υπεύθυνες για το 28% περίπου των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub>. Μόνο οι οδικές μεταφορές αντιπροσωπεύουν περίπου το 84% του συνόλου των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον τομέα αυτό και πάνω από το ήμισυ των εκπομπών αυτών προέρχεται από τα επιβατικά αυτοκίνητα.

Η Ένωση Ευρωπαϊκών Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (ACEA) και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 1998 υπέγραψαν την συμφωνία του Κιότο με την οποία είχε δεσμευθεί η

ΕΕ. Ο κύριος στόχος συμφωνίας ήταν η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τα επιβατικά οχήματα μέχρι τα 140g CO<sub>2</sub>/km μέχρι το 2008, κυρίως μέσω της τεχνολογίας.

Η δέσμευση υπήρξε μέρος μιας στρατηγικής τριών αξόνων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας που είχε ως μακροπρόθεσμο στόχο τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τα αυτοκίνητα ως τα 120g CO<sub>2</sub>/km μέχρι το 2012, μέσω μιας συνολικότερης δέσμης μέτρων πέρα από την τεχνολογία των αυτοκινήτων. (ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ, 2005)

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο χαιρέτισε την πρόταση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, αλλά ζήτησε πιο φιλόδοξους και μακροχρόνιους στόχους: μείωση στα 125g CO<sub>2</sub>/km μέχρι το 2015 και στα 95g CO<sub>2</sub>/km μέχρι το 2020 με πιθανότητα μείωσης στα 70g CO<sub>2</sub>/km ή λιγότερο μέχρι το 2025.

Ο ακριβής μακροπρόθεσμος στόχος θα τεθεί κατά την αναθεώρηση που θα γίνει το 2014, βάσει σχετικών οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών μελετών που θα πραγματοποιηθούν. Ο εισηγητής της σχετικής κοινοβουλευτικής έκθεσης Guido Sacconi (από τη Σοσιαλιστική Ομάδα) αφήνει στην αυτοκινητοβιομηχανία την επιλογή των μέσων επίτευξης των στόχων (τεχνολογική εξέλιξη, συμπληρωματικά ή άλλα μέσα). (ACEA, 2007)

### **3.2 Μονοξείδιο του Άνθρακα**

Το CO, ο αποκαλούμενος «Σιωπηλός Δολοφόνος» είναι ένα άχρωμο, άοσμο δηλητηριώδες αέριο. Διαμορφώνεται όταν καίγονται τα καύσιμα που περιέχουν τον άνθρακα σε συνθήκες όπου το O<sub>2</sub> είναι περιορισμένο. Είναι ελαφρώς ελαφρύτερο από τον αέρα.

Το CO μπορεί να σχηματίσει εκρηκτικά μίγματα με τον αέρα. Επίσης δεσμεύει την αιμογλοβίνη του αίματος και έτσι εμποδίζει τη μεταφορά του αίματος στους ιστούς, προκαλώντας το θάνατο.

Υπάρχει μια σειρά από πρότυπα και κατευθύνσεις των πιο σημαντικών οργανισμών επαγγελματικής υγιεινής και ασφάλειας για την έκθεση στο CO. Η OSHA (Διεύθυνση Επαγγελματικής Υγιεινής και Ασφάλειας των ΗΠΑ) έχει σε ισχύ σαν νομικό πρότυπο το PEL (Επιτρεπόμενο Όριο Έκθεσης), για την κατά μέσο όρο έκθεση σε χρονικό



διάστημα 8 ωρών, που είναι σήμερα για το CO 50 ppm (55 mg/m<sup>3</sup>). Η ACGIH (Η Επαγγελματική Οργάνωση των Βιομηχανικών Υγιεινολόγων των ΗΠΑ) έχει υιοθετήσει το ακόμη μικρότερο όριο των 25 ppm (29 mg/m<sup>3</sup>) για 8ωρη έκθεση σε μονοξείδιο του άνθρακα.

Στο ανοιχτό περιβάλλον των πόλεων οι συγκεντρώσεις του CO κυμαίνονται πάρα πολύ από σημείο σε σημείο και από ώρα σε ώρα. Μετρήσεις έδειξαν ότι συγκεντρώσεις CO 100 ppm στις οδικές σήραγγες, στους σταθμούς αυτοκινήτων και στους δρόμους των μεγάλων πόλεων είναι συχνές. Η οδική συμφόρηση μπορεί να προκαλέσει συγκεντρώσεις CO 400 ppm. Αυτού του είδους οι ελαφρές δηλητηριάσεις από CO είναι τα αίτια πολλών αυτοκινητιστικών δυστυχημάτων, για τα οποία επιφανειακά φαίνεται σαν υπεύθυνη η κόπωση του οδηγού. Η έκθεση σε CO συγκέντρωσης 120 ppm επί 1 ώρα μπορεί να επιδράσει σημαντικά στην ικανότητα οδήγησης.

Τα ελαττωματικά συστήματα εξάτμισης των αυτοκινήτων είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα, γιατί το CO εισχωρεί απ το κάτω μέρος του αυτοκινήτου στο εσωτερικό του οχήματος και δηλητηριάζει τους επιβάτες.

Η λύση των καταλυτών που υπό συνθήκες άριστης λειτουργίας μειώνουν μέχρι και κατά 90-95% τις εκπομπές CO, μετατρέποντάς το σε CO<sub>2</sub>, δεν είναι μόνιμη, διότι η σωστή λειτουργία τους απαιτεί θερμοκρασία περίπου 250°C, την οποία αποκτά ο κινητήρας αφού έχει διανύσει περίπου 1-2 km. Δεδομένου ότι ένα μεγάλο ποσοστό των μετακινήσεων στην πόλη είναι μικρότερης διαδρομής, οι καταλύτες είναι αναποτελεσματικοί σ' αυτές τις περιπτώσεις.

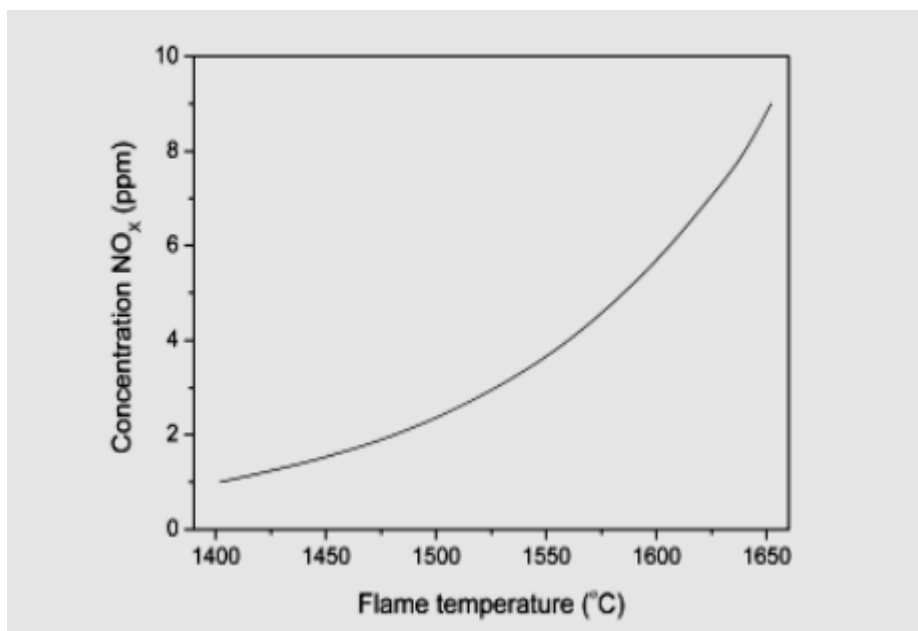
Όταν ο καταλύτης είναι κρύος, οι συγκεντρώσεις CO στην εξάτμιση μπορεί να ξεπεράσουν τα 80.000 ppm. Συγκεντρώσεις τέτοιου μεγέθους μπορούν να δημιουργήσουν θανάσιμες καταστάσεις στο γκαράζ του αυτοκινήτου σε διάστημα 1-2 λεπτών, ακόμη και με ανοιχτή την πόρτα ή να διαρρεύσουν και να διαχυθούν στο σπίτι, εάν επικοινωνεί με το γκαράζ και να παραμείνουν εκεί για ώρες. Οι χαμηλές θερμοκρασίες τον χειμώνα, επιδεινώνουν δραματικά το πρόβλημα εκπομπών CO από τα αυτοκίνητα. (Sacconi, 2008)

### 3.3 Οξείδια του αζώτου

Με τον όρο NO<sub>x</sub> εννοούμε το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) που εμφανίζονται στον αέρα.

Το άζωτο, που αποτελεί το 78 % του όγκου της ατμόσφαιρας, ενώνεται με το οξυγόνο λόγω υψηλών θερμοκρασιών και σχηματίζονται διάφορα NO<sub>x</sub> κατά την καύση σε όλες τις μηχανές εσωτερικής καύσεως (π.χ. αυτοκίνητα) και όλους τους κλιβάνους που καίγονται ορυκτά καύσιμα. Η κύρια ένωση του N που περιέχεται στα καύσιμα των αυτοκινήτων είναι το NO. Το NO είναι άχρωμο και άοσμο ενώ το NO<sub>2</sub> είναι καστανοκίτρινο και δριμείας οσμής.

Όσο ψηλότερη είναι η θερμοκρασία της καύσεως, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα του NO<sub>x</sub> που σχηματίζεται. (Διάγραμμα 1) Η διεργασία καύσης σε υψηλή θερμοκρασία σημαίνει καλό βαθμό απόδοσης (ενεργειακό) της εγκατάστασης. Προσπάθεια μείωσης των θερμοκρασιών καύσης οδηγεί σε μικρότερη παραγωγή NO<sub>x</sub>, χειροτερεύει όμως το βαθμό απόδοσης και αυξάνει την ενεργειακή κατανάλωση. (Αλέξανδρος Μπούκουρης, 1998)



Διάγραμμα 1: Εξάρτηση του σχηματισμού NO<sub>x</sub> με την θερμοκρασία

Σύμφωνα με την Οδηγία 1999/30/EK (ΠΥΣ 34/30.5.2002, ΦΕΚ 125/A/5.6.02) η ωριαία οριακή τιμή του NO<sub>2</sub> για την προστασία της ανθρώπινης υγείας είναι 200μg/m<sup>3</sup> των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 18

φορές ανά ημερολογιακό έτος. Η ετήσια οριακή τιμή του NO<sub>2</sub> για την προστασία της ανθρώπινης υγείας είναι 40μg/m<sup>3</sup>. Αντίστοιχα η ετήσια οριακή τιμή των NO<sub>x</sub> για την προστασία της βλάστησης είναι 30μg/m<sup>3</sup>. Το όριο συναγερωμού του NO<sub>2</sub> είναι 400μg/m<sup>3</sup> μετρούμενα επί τρεις συνεχείς ώρες.

Το Euro 5 προβλέπει τριπλάσια επιτρεπόμενα όρια εκπομπών NO<sub>x</sub> για τους πετρελαιοκινητήρες (180mg/km) σε σύγκριση με τα αντίστοιχα όρια των βενζινοκινητήρων (60mg/km). Το πρότυπο Euro 5 εφαρμόζεται από την 1η Σεπτεμβρίου 2009 όσον αφορά την έγκριση τύπου και από την 1η Ιανουαρίου 2011 εφαρμόζεται στην ταξινόμηση και πώληση των νέων τύπων οχημάτων.

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία υπολείπεται σημαντικά της αντίστοιχης νομοθεσίας που εφαρμόζεται στις ΗΠΑ. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα επιτρεπόμενα όρια για τις εκπομπές NO<sub>x</sub> που ισχύουν από το 2007 στις ΗΠΑ (44 mg/km), είναι αυστηρότερα ακόμα και από τα όρια (80 mg/km) που θα ισχύσουν στην Ευρώπη από το 2014 με τη Euro 6. Το πρότυπο Euro 6 θα εφαρμοστεί από την 1η Σεπτεμβρίου 2014 όσον αφορά την έγκριση τύπου και από την 1η Σεπτεμβρίου 2015 σχετικά με την ταξινόμηση και την πώληση των νέων τύπων οχημάτων. (“ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ,” 2009)

### **3.4 Μη Μεθανιούχες Πτητικές Ενώσεις**

Οι βιογενείς NMVOC σχηματίζονται κυρίως από τους μικροοργανισμούς και τα φυτά. Έχουν ισχυρή επίδραση στην χημεία της τοπικής ατμόσφαιρας.

Αναλύοντας τις εκπομπές των NMVOC, επισημαίνεται μια σημαντική διαφορά από τις πηγές εκπομπών των NO<sub>x</sub>. Οι οδικές μεταφορές ευθύνονται σχεδόν για το 41% από τις συνολικές ανθρωπογενείς εκπομπές των NMVOC. Η χρήση οργανικών διαλυτών για διάφορες εφαρμογές είναι η πηγή περίπου του 32% των ανθρωπογενών εκπομπών NMVOC, ακολουθούμενη από βιομηχανικές διεργασίες παραγωγής.

Η ανάλυση των κύριων πηγών ορίζει τα ακόλουθα αποτελέσματα στις οδικές μεταφορές. Η πιο σημαντική διαφορά σε σχέση με τις εκπομπές των NO<sub>x</sub> είναι ότι οι εκπομπές NMVOC σχεδόν αποκλειστικά προέρχονται από βενζινοκίνητα οχήματα. Επιπλέον, οι εκπομπές από τη λειτουργία των οχημάτων θα πρέπει να διακρίνονται

από τις εκπομπές λόγω εξάτμισης της βενζίνης από σταθμευμένα αυτοκίνητα. Σχεδόν το 53% των εκπομπών NMVOC από τις μεταφορές προέρχεται από τη λειτουργία των επιβατικών αυτοκινήτων (μεταξύ 95% και 99% από τα βενζινοκίνητα οχήματα σε διάφορες χώρες), ένα άλλο 24% από την εξάτμιση της βενζίνης από τα επιβατικά αυτοκίνητα, ελαφρά φορτηγά οχήματα και δίκυκλα. Τα μοτοποδήλατα και οι μοτοσυκλέτες ευθύνονται για το 10% των εκπομπών NMVOC, τα βαρέα οχήματα κατά 9% και τα ελαφρά εμπορικά οχήματα για τα εναπομείναντα 5%. (Eu-Portal, 2003)

### **3.5 Αιωρούμενα Σωματίδια**

Τα PM είναι μια αόρατη αλλά εξαιρετικά επικίνδυνη μορφή ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αναφέρονται ως κλάσμα PM<sub>10</sub> (particulate matter 10) όταν έχουν διάμετρο μικρότερη από 10 micra (1 micro είναι 1 εκατομμυριοστό του μέτρου) και χωρίζονται σε 2 κατηγορίες: τα εισπνεύσιμα και τα αναπνεύσιμα. Τα αναπνεύσιμα έχουν διάμετρο μικρότερη από 2,5 micra και εισχωρούν στους βρόγχους των πνευμόνων μπλοκάροντας τις κυψέλες και δημιουργώντας αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα. Από έρευνες που έχουν γίνει διεθνώς έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει άμεση συσχέτιση της αύξησης του αριθμού των θανάτων με την αύξηση της συγκέντρωσης του αριθμού των PM. Υπάρχουν μοντέλα που προβλέπουν τον αριθμό των θανάτων ανάλογα με τη συγκέντρωση των σωματιδίων ενώ έχει διαπιστωθεί συσχέτιση μεταξύ των ημερών που παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση PM και των περιστατικών εισαγωγής σε νοσοκομεία. (Reis, 2005)

Η σύσταση των PM αποτελείται από βαρέα μέταλλα, πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες – που είναι ιδιαίτερα καρκινογόνοι και άλλες τοξικές ενώσεις.

Το ανώτατο επιτρεπτό όριο για τα PM με διάμετρο 10 micra (PM<sub>10</sub>) σύμφωνα με την οδηγία 1999/30/EK είναι:

- 50μg/m<sup>3</sup> μέση ημερήσια τιμή που να μην υπερβαίνει περισσότερο από τριάντα πέντε φορές τον χρόνο,
- 50μg/m<sup>3</sup> μέση ετήσια τιμή

Η κυκλοφορία των μηχανοκίνητων οχημάτων είναι μια από τις κύριες πηγές εκπομπής PM<sub>10</sub> και PM<sub>20</sub>. Σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί στην αντιμετώπιση των εκπομπών από τα επιβατικά οχήματα ιδιωτικής χρήσης, η οποία συνετέλεσε στη μείωση των εκπομπών στην αστική συγκέντρωση σε PM<sub>10</sub>. Ωστόσο, οι σημειακές εξάρσεις συνεχίζουν να αποτελούν πρόβλημα και οι αυξανόμενες μηχανοκίνητες μεταφορές στις αστικές περιοχές ανατρέπουν έως ένα ορισμένο βαθμό την πρόοδο που έχει επιτευχθεί. Η συγκέντρωση των PM<sub>10</sub> σταμάτησε να μειώνεται από το 1999 και πλέον αυξάνονται οι συγκεντρώσεις του όζοντος.

Έρευνες υποστηρίζουν ότι είναι σημαντικές οι συνέπειες στην υγεία των κατοίκων των πόλεων από τα PM<sub>10</sub>. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Αυστρία, την Γαλλία και την Ελβετία χρησιμοποιήθηκε ως δείκτες ρύπανσης του αέρα τα PM<sub>10</sub> προερχόμενα από την οδική κυκλοφορία, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ευθύνονται για περισσότερους από 21.000 πρόωρους θανάτους ετησίως, όπως και για περισσότερες από 25.000 νέες περιπτώσεις χρόνιας βρογχίτιδας σε ενήλικες, για περισσότερα από 290.000 επεισόδια βρογχίτιδας σε παιδιά, για περισσότερες του μισού εκατομμυρίου κρίσεων άσθματος και για περισσότερες από 16 εκατ. ανθρωπομέρες περιορισμού δραστηριοτήτων. Το αντίστοιχο οικονομικό κόστος της ρύπανσης του αέρα από την κυκλοφορία υπολογίζεται σε 1,7% του ΑΕΠ. Η μελέτη βασίστηκε σε δεδομένα μελετών που πραγματοποιήθηκαν στη δεκαετία του '90, οπότε δεν έχει ληφθεί υπόψη η πρόσφατη ουσιαστική πρόοδος που οφείλεται στον έλεγχο των καυσαερίων, δίνει πάντως μια ιδέα του φάσματος και της κλίμακας των συνεπειών. Στο ερευνητικό έργο APHIS 25, το οποίο διεξήχθη σε 26 πόλεις 12 ευρωπαϊκών χωρών, εκτιμήθηκε ότι η μείωση της μακρόχρονης έκθεσης στις εξωτερικές συγκεντρώσεις PM<sub>10</sub> κατά μόλις 5μg/m<sup>3</sup> θα αποτρέψει 19 περίπου πρόωρους θανάτους ετησίως ανά 100.000 κατοίκους, αριθμός που αντιστοιχεί σε 1,5 φορά το ετήσιο ποσοστό νεκρών τροχαίων ατυχημάτων. Η μείωση των εκπομπών από την αστική κυκλοφορία μπορεί να ωφελήσει σημαντικά την υγεία και την οικονομία. (Review, n.d.)

### **3.6 Διοξείδιο του Θείου**

Το SO<sub>2</sub> είναι ένας από τους κύριους ρύπους των αστικών περιοχών. Είναι αέριο, άχρωμο, με χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή.

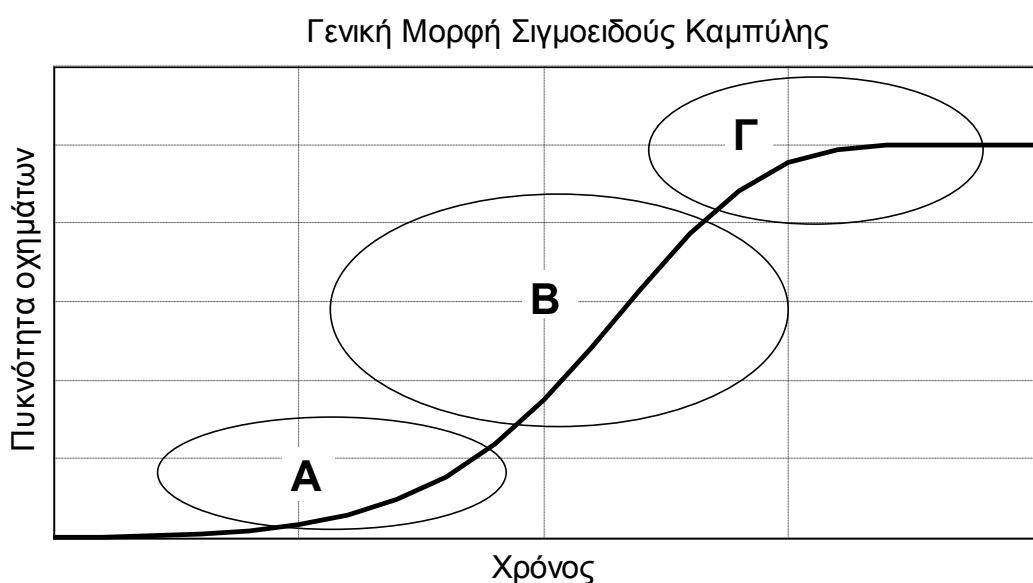
Διαλύεται στην υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα μετατρέπόμενο σε θειώδες οξύ. Σε ξηρό αέρα οξειδώνεται σε  $\text{SO}_3$ , το οποίο μετατρέπεται σε θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), κύριο συστατικό της όξινης βροχής. Ως ευδιάλυτο, απορροφάται από τα υγρά στο ανώτερο κυρίως τμήμα του αναπνευστικού συστήματος προκαλώντας έκκριση βλέννας. Τελικά πολύ μικρό ποσοστό φτάνει κανονικά στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα. Σε συνδυασμό με τον καπνό και τα σωματίδια, με τα οποία συνήθως συνυπάρχει, μεταφέρεται στους πνεύμονες. Έτσι εξηγείται η συνεργιστική δράση που παρατηρείται μεταξύ  $\text{SO}_2$  και σωματιδίων, με αποτέλεσμα τον τριπλασιασμό έως τετραπλασιασμό του ερεθισμού των πνευμόνων. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο καθημερινής λήψης είναι 0,7mg/kg σωματικού βάρους.

Προέρχεται κυρίως από τις καύσεις, όταν το καύσιμο (στερεό ή υγρό) περιέχει θείο. Άλλες σημαντικές ανθρωπογενείς πηγές  $\text{SO}_2$  είναι η διύλιση πετρελαίου και η βιομηχανική κατεργασία θειούχων ενώσεων.

Το  $\text{SO}_2$  σε συνδυασμό με αιωρούμενα σωματίδια και καπνό, έχουν προκαλέσει επανειλημμένα στο παρελθόν σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης. (ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ, 2004)

#### 4.Πρόβλεψη πληθυσμού οχημάτων μέχρι το 2030

Η πυκνότητα των οχημάτων ανά 1000 κατοίκους σε συνάρτηση με τον χρόνο αναπαρίσταται σε μια σιγμοειδή καμπύλη (Σχήμα 1) η οποία παριστάνει την τάση για αγορά οχήματος ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν σε κάθε χώρα. Στην σιγμοειδή καμπύλη διακρίνονται τρεις διαφορετικές βαθμίδες: κοινωνίες με περιορισμένη αγορά αυτοκινήτων (τμήμα Α), κοινωνίες με «άνθουσα» αγορά αυτοκινήτων (τμήμα Β), και κοινωνίες όπου η αγορά αγγίζει τα όρια κορεσμού (τμήμα Γ)



Σχήμα 1: Σιγμοειδής Καμπύλη η οποία εκφράζει την πυκνότητα των οχημάτων ανά 1000 κατοίκους σε συνάρτηση με τον χρόνο. Είναι διακριτές οι τρεις κατηγορίες: μικρός ρυθμός αύξησης σε υποανάπτυκτες περιοχές (τμήμα Α), μεγάλος ρυθμός ανάπτυξης σε «άνθουσες» περιοχές (τμήμα Β) και περιοχές που αγγίζουν τα επίπεδα κορεσμού (τμήμα Γ).

Για τον υπολογισμό του πληθυσμού των οχημάτων χρησιμοποιήθηκαν στατιστικά δεδομένα του στόλου των οχημάτων και του πληθυσμού του ανθρώπινου πληθυσμού ανά έτος.

Με βάση την εξίσωση που χρησιμοποιείται στο FOREMOVE υπολογίστηκε η χρονική πυκνότητα για κάθε κατηγορία οχημάτων (επιβατικά και φορτηγά οχήματα, λεωφορεία, και μοτοσικλέτες). Η εξίσωση της πυκνότητας οχημάτων στο FOREMOVE εκφράζει τον πληθυσμό οχημάτων ανά 1000 κατοίκους. Η μαθηματική σχέση είναι, Εξίσωση 8:

$$VD_i(t) = \frac{1}{e^{M_i + n_i t} + K_i} \quad \text{με} \quad K_i = -\ln(S_i) \quad (8)$$

όπου:

- $VD_i(t)$       πυκνότητα οχημάτων του τύπου  $i$  (οχήματα ανά 1000 κατοίκους)  
 $t$                 χρόνος, εκφρασμένος σε έτη (π.χ. 0 για το 1990, 10 για το 2000 κλπ.)  
 $S_i$               το σημείο κορεσμού:  $S_i = \lim_{t \rightarrow \infty} VD_i(t)$   
 $M_i, n_i$         παράμετροι της συνάρτησης.

Για τον υπολογισμό του πληθυσμού οχημάτων ανά 1000 κατοίκους πρέπει να προηγηθεί η Εξίσωση 9:

$$\text{Ln} [-\ln[VD_i(t)] - K_i] = M_i + n_i t \quad (9)$$

Για την τιμή των παραμέτρων  $M_i$  και  $n_i$  (Πίνακας 1) της συνάρτησης (9) κατασκευάζεται γραφική παράσταση της Εξίσωσης (8) σε συνάρτηση με το  $t$ . Από την γραφική παράσταση υπολογίζεται το  $R^2$  και η εξίσωση  $\psi = \alpha x + \beta$  όπου  $\alpha = n_i$  και  $\beta = M_i$ . Κατά την διαδικασία αυτή ο συντελεστής  $K_i$  ο οποίος αντιπροσωπεύει το σημείο κορεσμού ( $S$ ) της συνάρτησης (8), υπολογίζεται με μια επαναληπτική διαδικασία, έως ότου επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή προσαρμογή – μέχρι το  $R^2$  πάρει την μέγιστη τιμή.

	S	M	N
Αυτοκίνητα	1000	0,2644	-0,0377
Λεωφορεία	100	1,1736	-0,0014
Φορτηγά	300	-0,3426	-0,0046
Μοτοσυκλέτες	500	0,5632	0,015

*Πίνακας 1:* Οι τιμές που έχουν δοθεί στο  $S$  και έχουν υπολογισθεί με την δημιουργία διαγράμματος από την εξίσωση (2) για το  $M_i, n_i$ .

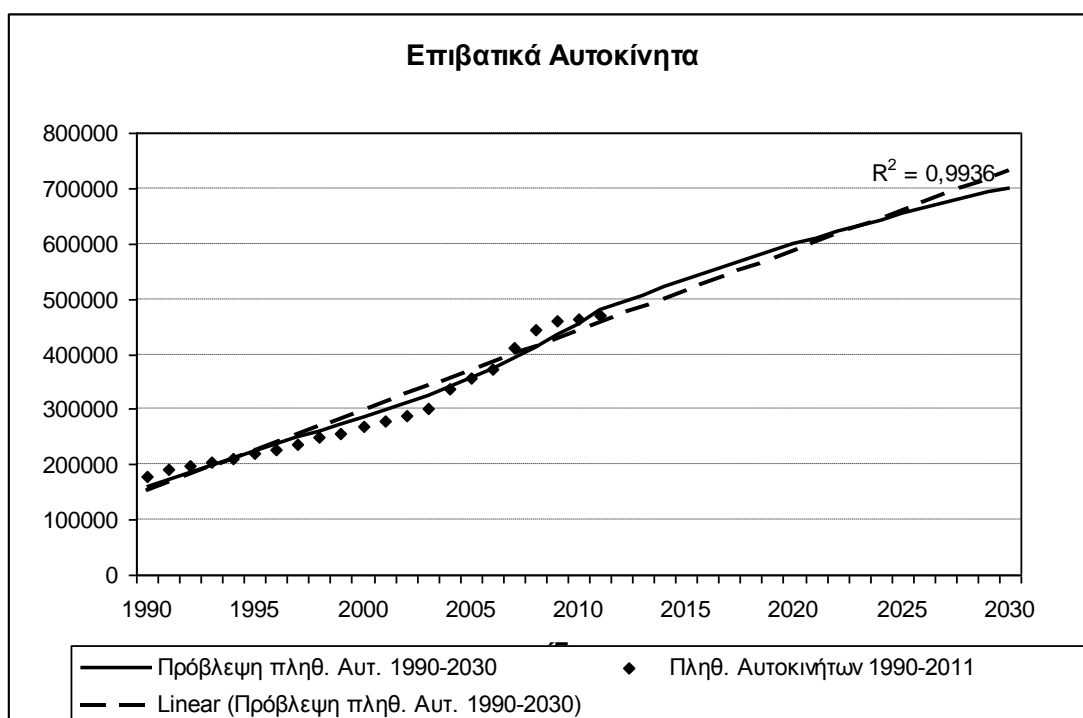
Η μέθοδος εφαρμόστηκε για κάθε μια κατηγορία οχημάτων (επιβατικά και φορτηγά οχήματα, λεωφορεία και μοτοσυκλέτες).

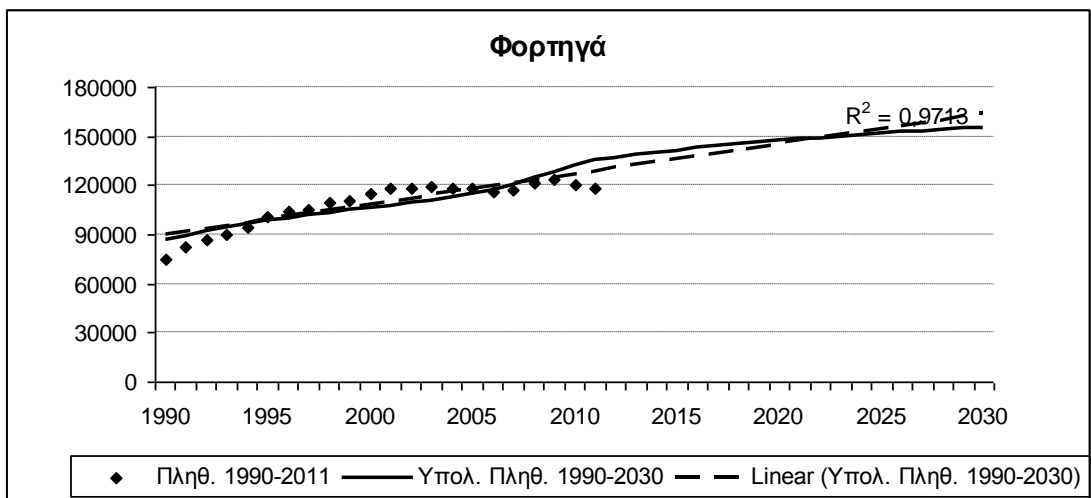
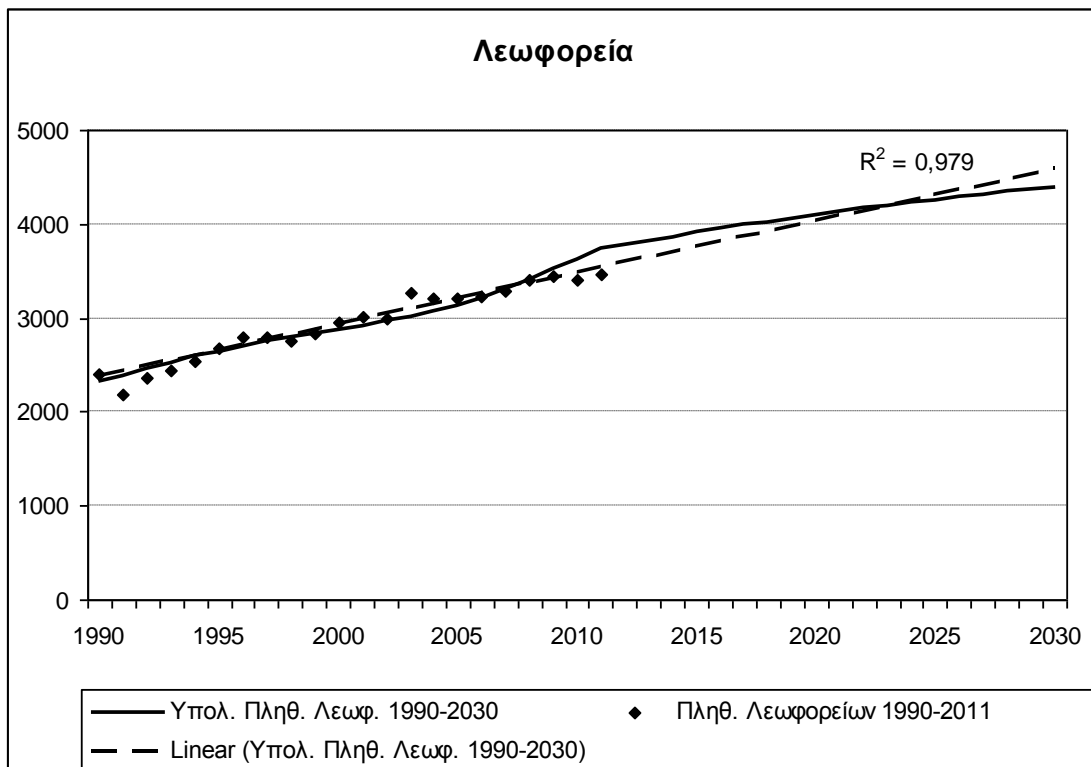


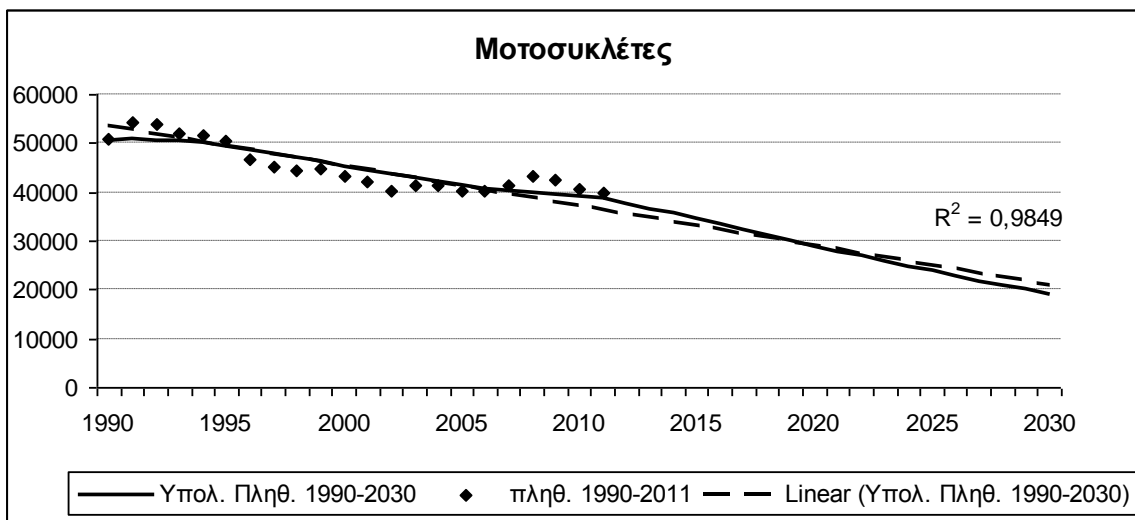
Τα στατιστικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διαδικασία υπολογισμού του στόλου των οχημάτων για κάθε κατηγορία οχήματος περιλάμβανε τα ακόλουθα:

- Χρονοσειρές της εξέλιξης πληθυσμού από το 1990 μέχρι το 2011 και πρόβλεψη της εξέλιξης πληθυσμού μέχρι το 2030
- Χρονοσειρές της εξέλιξης του πληθυσμού των οχημάτων από το 1990 μέχρι το 2011

Με την ολοκλήρωση του υπολογισμού του πληθυσμού της κάθε κατηγορίας οχημάτων, δημιουργήθηκαν γραφικές παραστάσεις Πληθυσμού Οχημάτων σε συνάρτηση με τον χρόνο. Έγινε σύγκριση του πραγματικού πληθυσμού με τον προβλεπόμενο. (Διάγραμμα 2)







Διάγραμμα 2: Πρόβλεψη της πυκνότητας των οχημάτων σε συνάρτηση με τα πραγματικά δεδομένα. Τα σημεία αντιστοιχούν στον πραγματικό πληθυσμό (1990-2010) των αυτοκινήτων.

Από τις γραφικές παραστάσεις (Διάγραμμα 2) συμπεραίνεται ότι και στις τέσσερις κατηγορίες οχημάτων (επιβατικά οχήματα, λεωφορεία, φορτηγά και μοτοσυκλέτες) οι προβλεπόμενες τιμές έχουν πολύ μικρή διαφορά από τα στατιστικά αποτελέσματα.

Ο πληθυσμός των επιβατικών οχημάτων (1990-2011) αυξάνεται, όπως έχει υπολογισθεί και από την εξίσωση FOREMOVE (2012-2030). Ως σημείο κορεσμού θεωρήθηκε ότι σε κάθε κάτοικο αντιστοιχεί ένα όχημα ( $s=1000$ ). Η καμπύλη εξέλιξης της πυκνότητας των επιβατικών οχημάτων πλησιάζει ασυμπτωματικά το σημείο κορεσμού και η προβλεπόμενη καμπύλη προσεγγίζει αρκετά ικανοποιητικά τα στατιστικά δεδομένα. Το 2030 ο υπολογιζόμενος πληθυσμός ανέρχεται στις 934.300 και ο αντίστοιχος πληθυσμός των επιβατικών οχημάτων στις 703.713, δηλαδή έχει φτάσει στα  $\frac{3}{4}$  της τιμής κορεσμού.

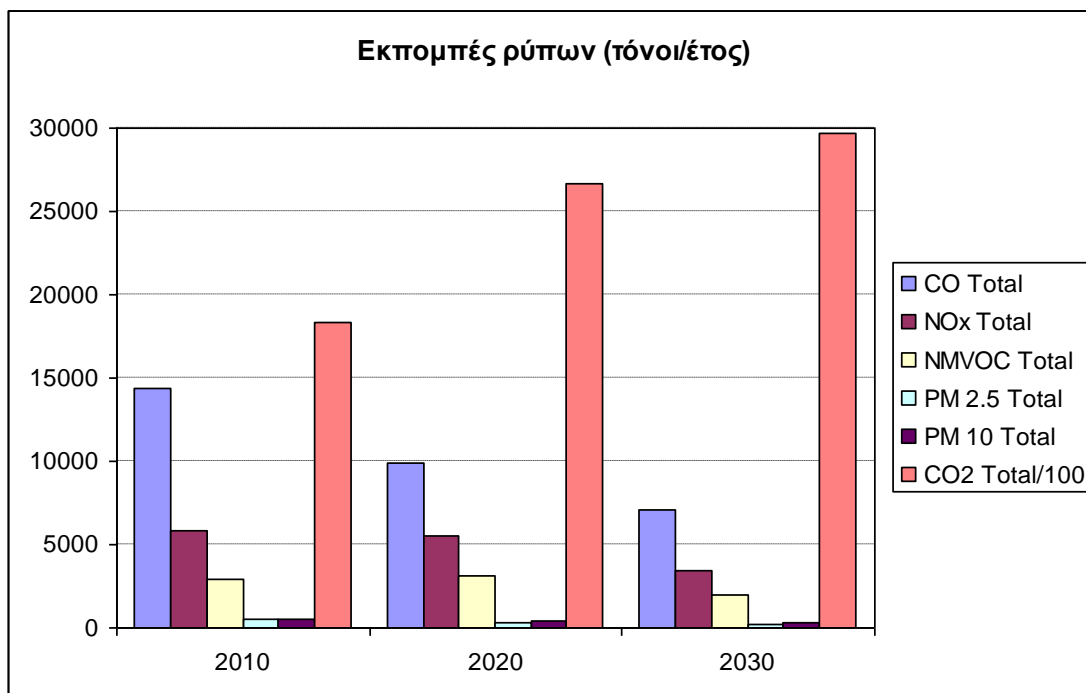
Ο καταγεγραμμένος πληθυσμός των λεωφορείων και των φορτηγών μειώνεται σε αντίθεση με τις προβλεπόμενες τιμές στις οποίες αυξάνεται. Η μείωση στον υπολογιζόμενο πληθυσμό οφείλεται στην απόσυρση των παλαιών οχημάτων ή στην μη ανανέωση της άδειας κυκλοφορίας. Στα λεωφορεία έχει χρησιμοποιηθεί Σημείο Κορεσμού 100 οχήματα ανά 1000 άτομα και στα φορτηγά 300 ανά 1000 άτομα.

Ο πληθυσμός των μοτοσυκλετών κάθε χρόνο μειώνεται έτσι όπως και στις υπόλοιπες κατηγορίες το σημείο κορεσμού είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί με ακρίβεια.

## **5. Πρόβλεψη εκπομπών ρύπων μέχρι το 2030**

Μετά από μια σειρά υπολογισμών και χρήσης του λογισμικού COPERT υπολογίσθηκαν οι εκπομπές ρύπων για τα έτη 2010, 2020 και 2030. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες προσανατολίζονται διαρκώς σε νέες αντιρρυπαντικές τεχνολογίες. Οι συγκεντρώσεις των ρύπων μειώνονται αισθητά σε κάθε δεκαετία με εξαίρεση το CO<sub>2</sub> που αυξάνεται ανησυχητικά. Η σημαντικότερη τεχνολογική εξέλιξη που έχει συμβάλλει αποφασιστικά στην μείωση των εκπομπών των αερίων ρύπων τα τελευταία 23 χρόνια, είναι η χρήση των καταλυτικών μετατροπέων. Η χρήση των καταλυτών εφαρμόστηκε με επιτυχία στα προς πώληση οχήματα στην Ε.Ε. με την εφαρμογή του προτύπου εκπομπών ρύπων “Euro II” το 1996.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην ακόλουθη γραφική παράσταση (Διάγραμμα 3) υποδεικνύουν ότι είναι δυνατό να επιτευχθούν σημαντικές μειώσεις στις μελλοντικές εκπομπές ρύπων που προέρχονται από την οδική κυκλοφορία μέσω της εισαγωγής οχημάτων βελτιωμένης τεχνολογίας στο στόλο, με χαμηλότερα επίπεδα εκπομπών από τις υπάρχουσες τεχνολογίες. Ιδιαίτερα για τα επιβατικά οχήματα που αντικαθίστανται συχνά, τα αποτελέσματα της εφαρμογής νέων τεχνολογιών αναμένεται να γίνουν αισθητά σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών. Στο υποκεφάλαιο που ακολουθεί μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων αναφέρονται οι τεχνολογίες μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων.



Διάγραμμα 3: Εκπομπές αέριων ρύπων 2010, 2020 και 2030

### **5.1 Εκπομπή ρύπων σε αστικούς, επαρχιακούς και αυτοκινητόδρομους**

Τα επίπεδα της ρύπανσης στο εσωτερικό κάθε πόλης ποικίλουν γιατί οι ρύποι που παράγονται είναι ανάλογοι της κυκλοφοριακής ροής. Έτσι μπορούμε να κατανοήσουμε γιατί στο κέντρο των πόλεων υπάρχει υψηλότερη παραγωγή ρύπων σε σχέση με τις επαρχιακές περιοχές και τους αυτοκινητόδρομους όπου η κίνηση είναι μειωμένη.

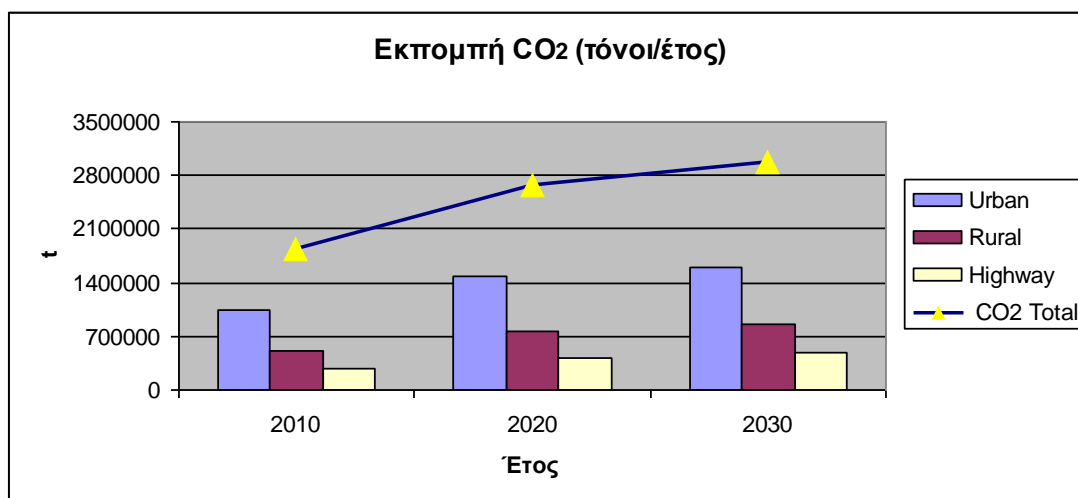
Στους αστικούς δρόμους παρατηρείται η μεγαλύτερη συγκέντρωση ρύπων. Αιτία είναι ο μεγάλος πληθυσμός οχημάτων που χρησιμοποιούν τους αστικούς δρόμους κυρίως κατά τις εργάσιμες μέρες και ώρες. Λόγω του μεγάλου αριθμού οχημάτων, οι οδηγοί αναγκάζονται να κάνουν συχνές εκκινήσεις, τις περισσότερες φορές ο κινητήρας είναι κρύος με αποτέλεσμα να παράγονται μεγάλες ποσότητες ρύπων.

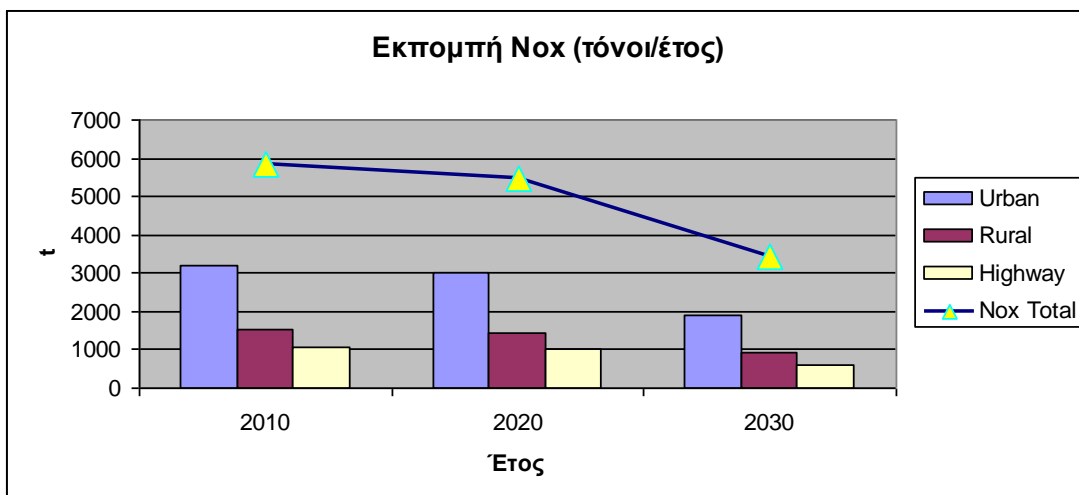
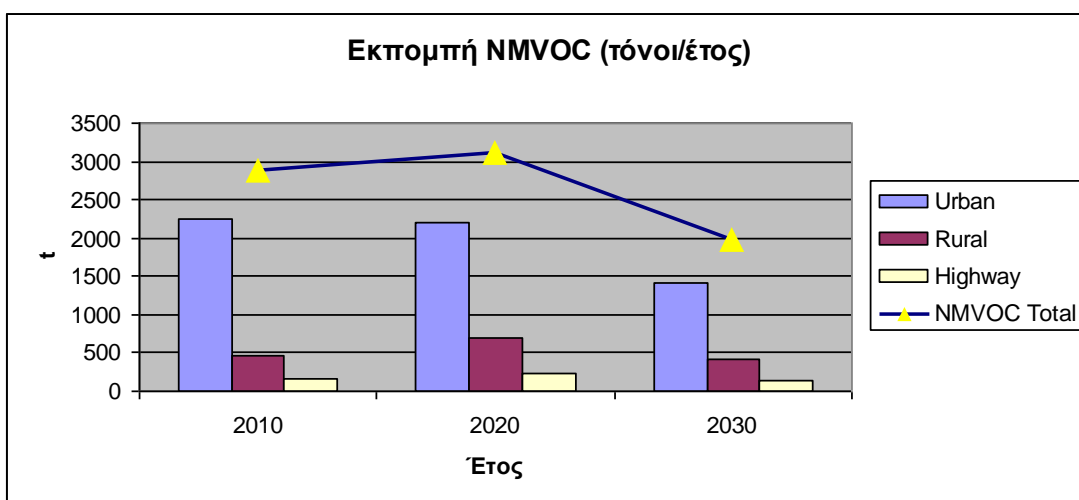
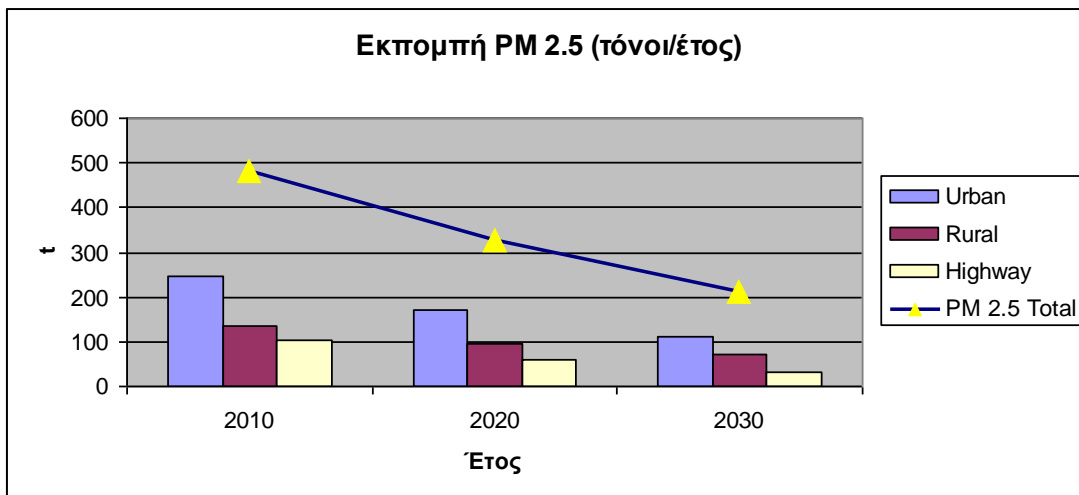
Στους επαρχιακούς δρόμους παρατηρείται μικρότερη συγκέντρωση ρύπων σε σύγκριση με τους αστικούς δρόμους, λόγω της μειωμένης κίνησης των οχημάτων και των λιγότερων εκκινήσεων. Στους αυτοκινητόδρομους παρατηρείται η μικρότερη συγκέντρωση ρύπων σε σύγκριση με τις άλλες δύο κατηγορίες δρόμων μιας και τα οχήματα έχουν σταθερή ταχύτητα και δεν αναγκάζονται να κάνουν στάσεις λόγω κίνησης ή ελεγχόμενης κυκλοφορίας.

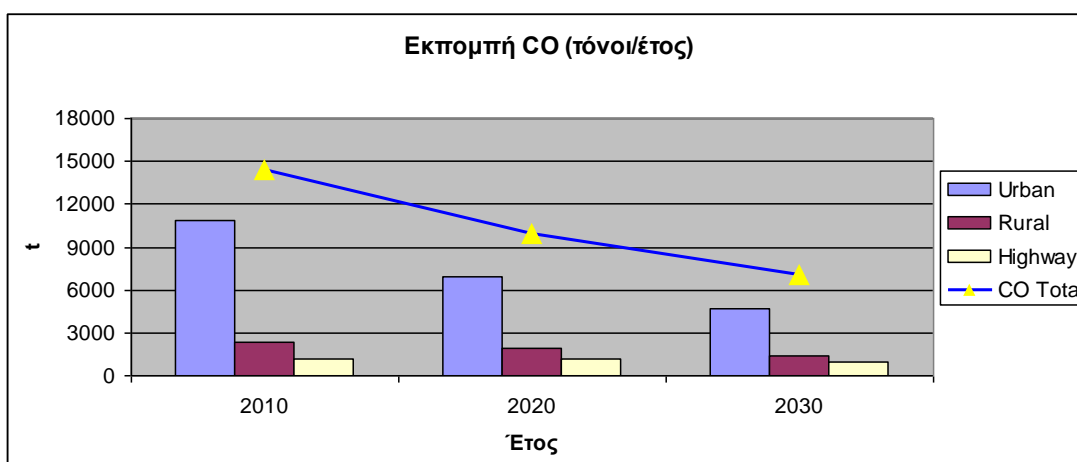
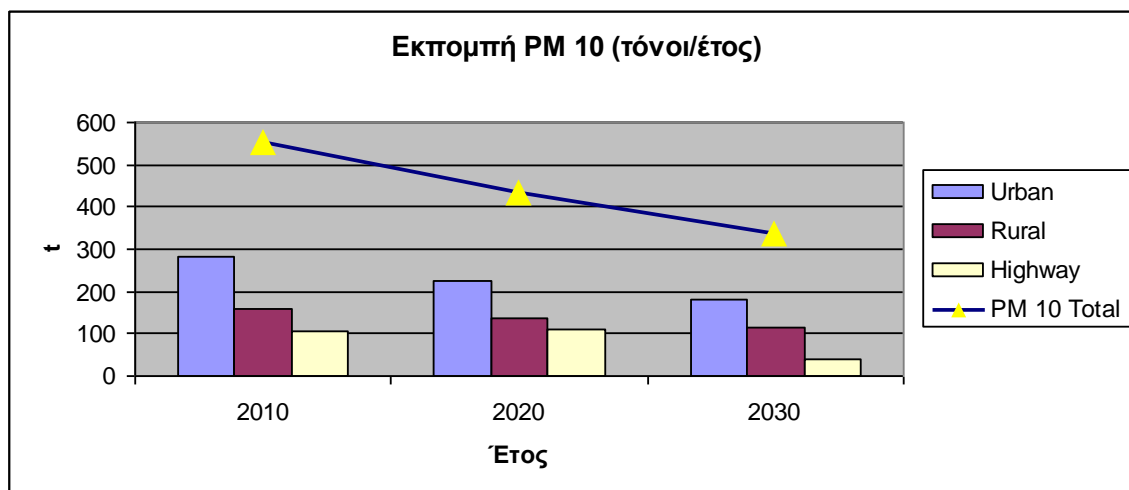
Η συγκέντρωση των εκπομπών του CO στην πόλη το 2030 (4.687 τόνοι) προβλέπεται να μειωθεί κατά 50% σε σύγκριση με το 2010 (10.862 τόνοι).

Η συγκέντρωση των εκπεμπόμενων PM<sub>2.5</sub> στους αυτοκινητόδρομους το 2010 ήταν 102 τόνοι, το 2020 προβλέπεται να μειωθεί στους 60 τόνους και το 2030 στους 30 τόνους. Ακόμη οι συγκεντρώσεις των PM<sub>10</sub> είχαν φτάσει στους 108 τόνους, το 2020 αναμένεται να αυξηθούν στους 110 τόνους και το 2030 αναμένεται μεγάλη μείωση μέχρι τους 41 τόνους. Και στις δύο περιπτώσεις από το 2010 μέχρι το 2030 παρατηρείται μείωση 70% στην συγκέντρωση των PM. Η μειωμένη εκπομπή PM οφείλεται στην χρήση καθαρότερης τεχνολογίας καυσίμων (Euro 5 και Euro 6) κυρίως από τα πετρελαιοκίνητα οχήματα.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των ρύπων στις τρεις κατηγορίες δρόμων (αστικοί, επαρχιακοί και αυτοκινητόδρομοι) και η συνολική συγκέντρωση (Διάγραμμα 4).







Διάγραμμα 4: Συγκέντρωση Ρύπων στις τρεις κατηγορίες δρόμων (αστικών, επαρχιακών και αυτοκινητόδρομους).

## **5.2 Εκπομπή ρύπων ανά κατηγορία οχήματος**

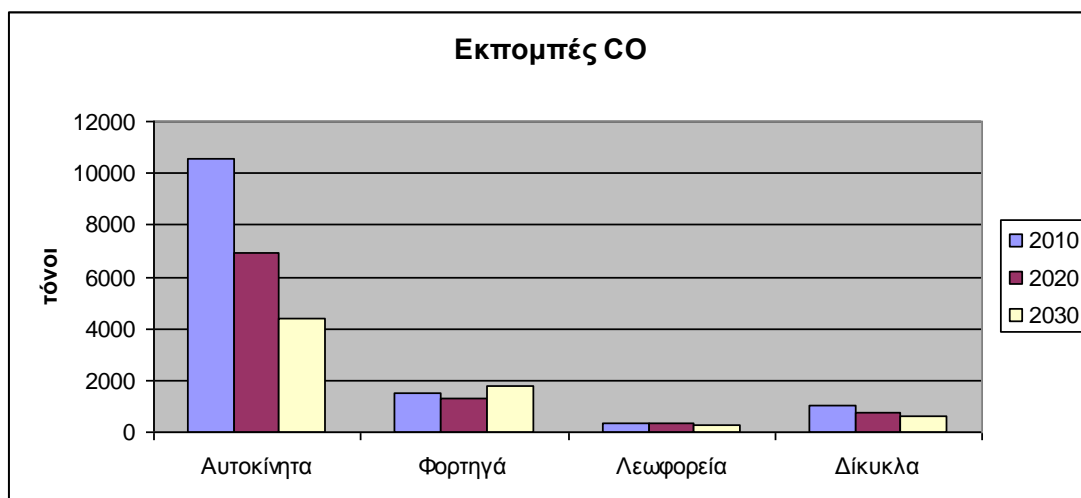
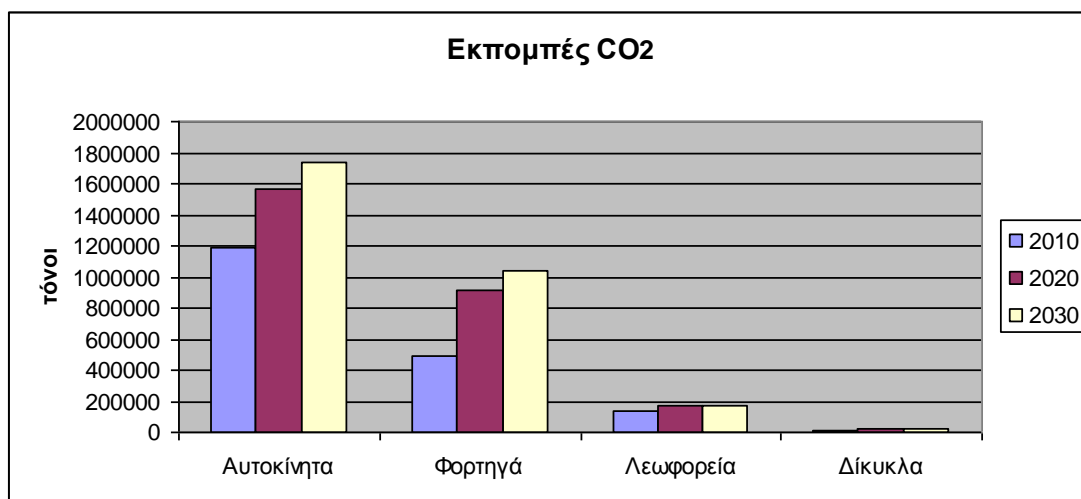
Ανάλογα από την κατηγορία οχημάτων (επιβατικά, φορτηγά, λεωφορεία και δίκυκλα) εκπέμπονται διαφορετικές ποσότητες ρύπων εξαρτώμενες από την τεχνολογία του και το καύσιμο που καταναλώνει.

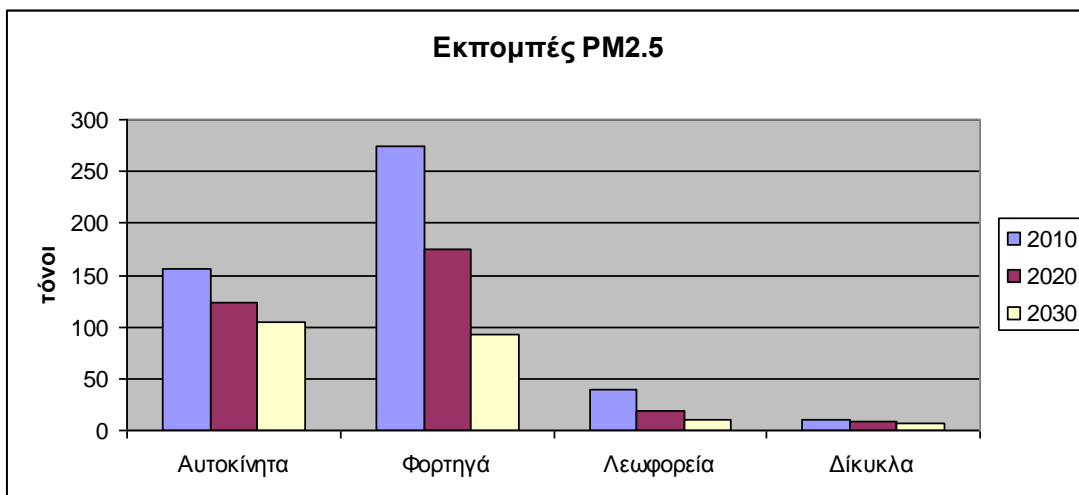
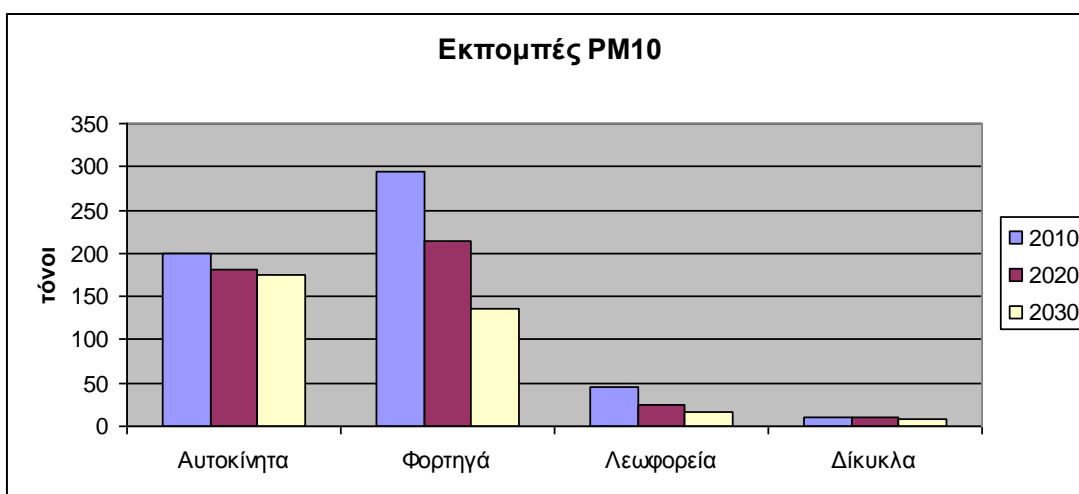
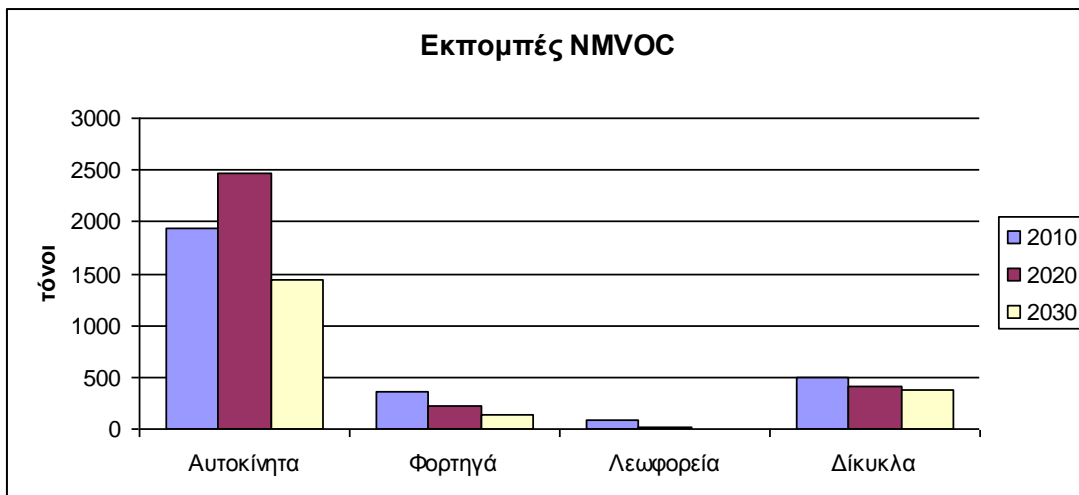
Τα αυτοκίνητα είναι οι κύριοι αίτιοι για το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπής CO<sub>2</sub>, CO και NMVOC. Και οι τρεις ρύποι προέρχονται είτε από την καύση είτε από την εξάτμιση της βενζίνης. Το μεγαλύτερο ποσοστό των επιβατικών οχημάτων είναι βενζινοκίνητα. Το CO αποτελεί παραπροϊόν της ατελούς καύσης της βενζίνης και το CO<sub>2</sub> είναι το αναμενόμενο προϊόν από την καύση της βενζίνης. Το NMVOC προέρχεται από την εξάτμιση της βενζίνης.

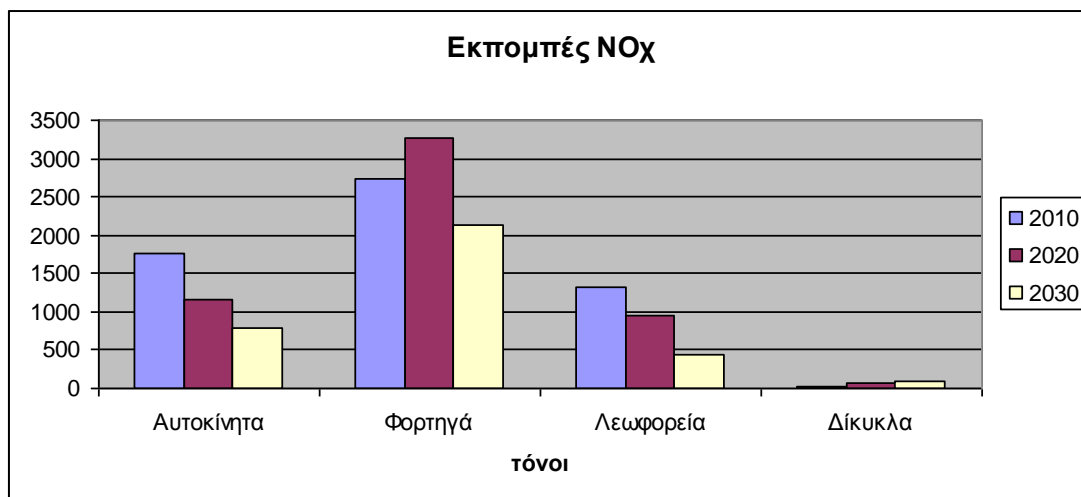


Η κατηγορία οχημάτων η οποία συνεισφέρει το μεγαλύτερο ποσοστό στις εκπομπές PM και NOx είναι τα φορτηγά. Τα φορτηγά χρησιμοποιούν ως καύσιμο το πετρέλαιο. Τα PM και το NOx αποτελούν τον κύριο ρύπο των πετρελαιοκίνητων οχημάτων.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζονται οι εκπομπές των ρύπων ανά κατηγορία οχήματος (Διάγραμμα 5).







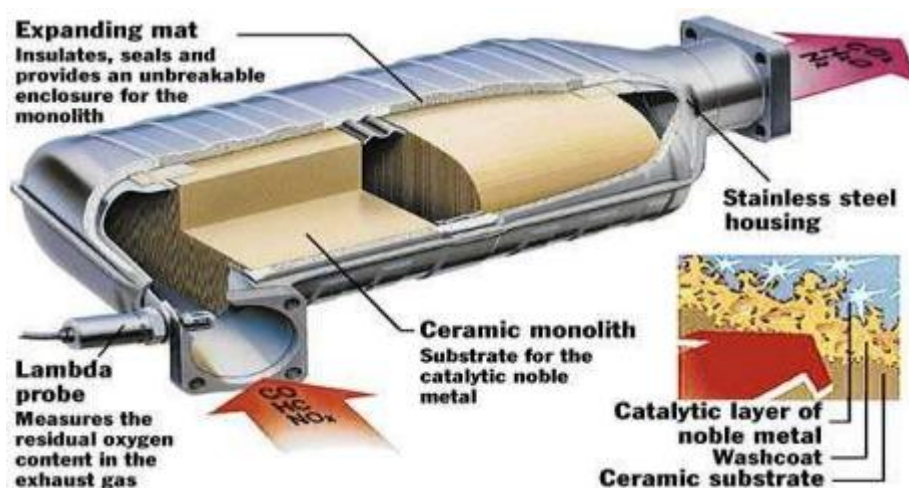
Διάγραμμα 5: Εκπομπή ρύπων ανά κατηγορία οχήματος

## 6. Τεχνολογίες Μείωσης Εκπεμπόμενων Ρύπων

Τα μηχανοκίνητα οχήματα είναι μια σημαντική πηγή CO το οποίο παράγεται μέσω τέλει ή ατελούς καύσης. Με την πάροδο των χρόνων οι εκπομπές CO μειώνονται. Το 2010 εκπέμπονταν 14.358tn/έτος, το 2020 9.945tn/έτος και το 2030 7.032tn/έτος. Οι εκπομπές από τα βενζινοκίνητα οχήματα μειώθηκαν δραματικά μετά την εισαγωγή καταλυτικών μετατροπέων, το CO οξειδώνεται σε λιγότερο επιβλαβές αέριο όπως το CO<sub>2</sub>. Η οξείδωση του CO σε CO<sub>2</sub> έχει ως συνέπεια τα οχήματα με καταλύτη να χρειάζονται ελαφρώς περισσότερα καύσιμα και γίνονται λιγότερο αποδοτικά.

Ακόμη οι καινούργιες τεχνολογίες καυσίμων έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε S έτσι μειώνονται οι εκπομπές CO, HC και NOx από τον καταλύτη των βενζινοκίνητων οχημάτων και οι εκπομπές PM από τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, με ή χωρίς καταλύτες οξείδωσης.

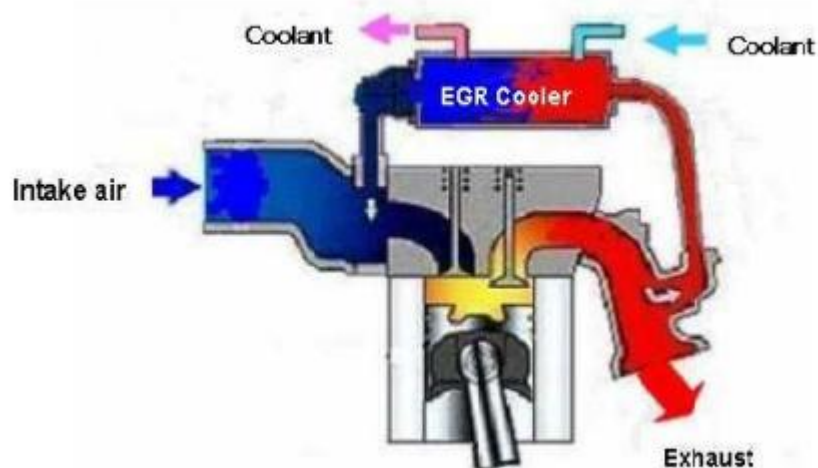
Με την πάροδο του χρόνου ο πληθυσμός των βενζινοκίνητων οχημάτων αυξάνεται σε αντίθεση με τον πληθυσμό των πετρελαιοκίνητων ο οποίος μειώνεται. Οι σύγχρονοι βενζινοκινητήρες ηλεκτρονικής ανάφλεξης είναι εφοδιασμένοι με «τριοδικούς καταλύτες» (ονομάζονται έτσι επειδή μειώνουν κατά 90% τις εκπομπές τριών αέριων ρυπαντών: των άκαυστων HC, CO των NOx και των NMVOC (Σχήμα 1). Ένας τριοδικός καταλύτης ουσιαστικά αποτελείται από δυο διαφορετικά «μέρη»: έναν αναγωγικό καταλύτη που διαχωρίζει το επιβλαβές NO σε αβλαβές N και O<sub>2</sub> και έναν οξειδωτικό καταλύτη ο οποίος οξειδώνει τους επικίνδυνους ρύπους του CO και τους HC και τους μετατρέπει σε CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O.



Σχήμα 1: Απεικόνιση «Τριοδικού Καταλύτη»

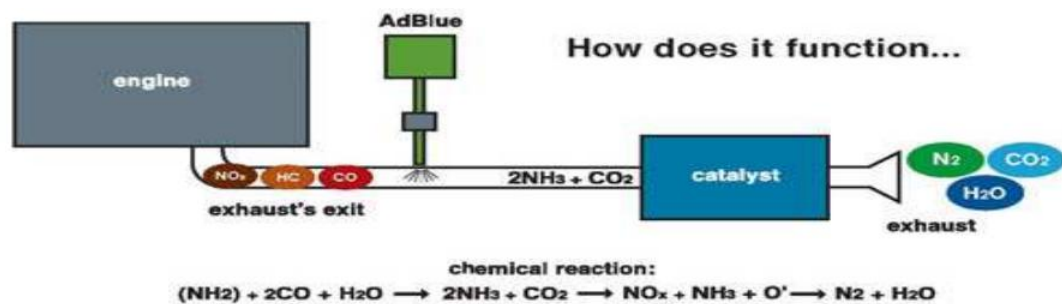
Οι πετρελαιοκινητήρες Diesel είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν με «φτωχό» μίγμα, δηλαδή λειτουργούν με περίσσεια αέρα σε σχέση με τη στοιχειομετρική αναλογία μίγματος. Οι αναγωγικοί καταλύτες δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε συνθήκες «φτωχού» μίγματος και γι' αυτό το λόγο οι πετρελαιοκινητήρες είναι εφοδιασμένοι μόνο με οξειδωτικούς καταλύτες. Οι οξειδωτικοί καταλύτες είναι αποτελεσματικοί στο να ελαττώνουν τις εκπομπές HC και CO καθώς και μέρος από τις εκπομπές PM, όμως όχι στο να ελαττώνουν τις εκπομπές NOx. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο οι πετρελαιοκινητήρες παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερες εκπομπές NOx σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες.

Οι κινητήρες με επανακυκλοφορία καυσαερίων ανακυκλώνουν ένα μέρος των καυσαερίων, τα οποία έχουν μικρή περιεκτικότητα σε O<sub>2</sub> μετά την καύση, πίσω στην εισαγωγή του κινητήρα (Σχήμα 2). Με τον τρόπο αυτό ελαττώνεται η θερμοκρασία μέσα στον κινητήρα αφού πλέον υπάρχει μικρότερη ποσότητα O<sub>2</sub> προς καύση. Κατά συνέπεια η ελάττωση της υψηλής θερμοκρασίας περιορίζει και το σχηματισμό NOx. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται στους περισσότερους κινητήρες βενζίνης και πετρελαίου. Στους πετρελαιοκίνητους κινητήρες συνδυάζεται και με φίλτρο σωματιδίων.



Σχήμα 2: Απεικόνιση Συστήματος Επανακυκλοφορίας

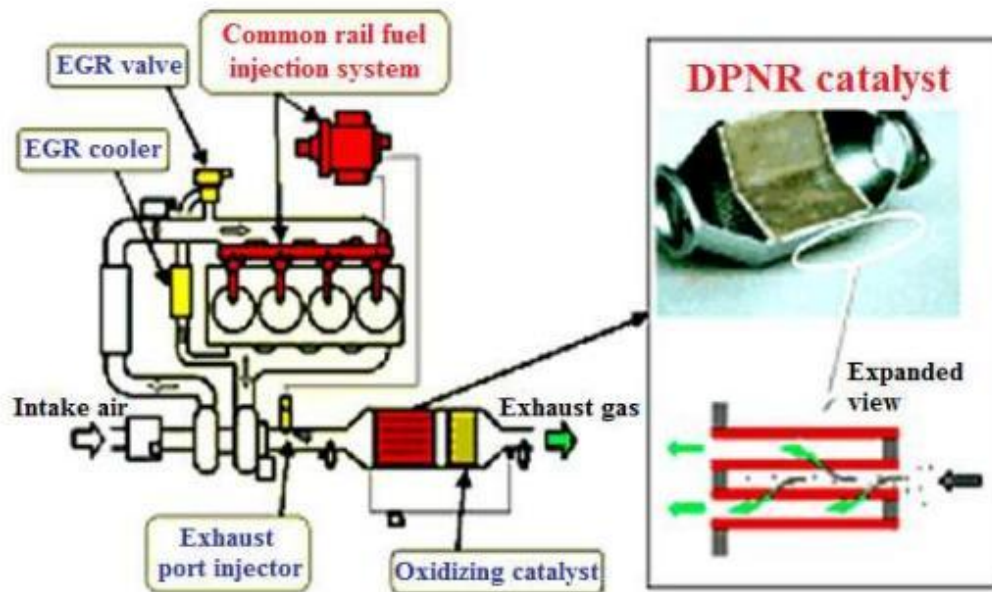
Η επιλεκτική καταλυτική αναγωγή (SCR) αποτελεί μια ακόμη περισσότερο αποτελεσματική τεχνολογία για την μείωση των εκπομπών NO<sub>x</sub> από τους πετρελαιοκινητήρες (Σχήμα 3). Κατά την μέθοδο αυτή γίνεται χρήση ενός ειδικού καταλυτικού μετατροπέα ο οποίος επεξεργάζεται τα καυσαέρια του κινητήρα Diesel και μειώνει τις εκπομπές NO<sub>x</sub>. Στην επιλεκτική καταλυτική αναγωγή, πριν την είσοδο των καυσαερίων του πετρελαιοκινητήρα στον καταλύτη SCR, ψεκάζεται NH<sub>3</sub> ή ουρία με αποτέλεσμα η NH<sub>3</sub> να αντιδρά με το NO και το NO<sub>2</sub> οπότε και παράγεται αβλαβές N<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O. Εφαρμόζεται κυρίως σε φορτηγά και λεωφορεία. (“AirDMS Data Management System,” 2009)



Σχήμα 3: Τεχνολογία Επιλεκτικής Καταλυτικής Αναγωγής

Μία τεχνολογία στην οποία σημειώνονται ικανοποιητικά αποτελέσματα όσον αφορά την μείωση των NO<sub>x</sub> και εφαρμόζεται στα οχήματα σήμερα, είναι οι παγίδες των NO<sub>x</sub>. Ευρεία εφαρμογή βρίσκουν σε κινητήρες Diesel, βαρέων και ελαφρών οχημάτων όπου μπορούν να επιτύχουν έως και 90% μείωση των NO<sub>x</sub>. Το σημαντικό μειονέκτημα βέβαια των παγίδων NO<sub>x</sub> αποτελεί το γεγονός ότι είναι εξαιρετικά ευαίσθητες στο S, και απαιτούν χρήση καυσίμου με χαμηλή περιεκτικότητα σε αυτό.

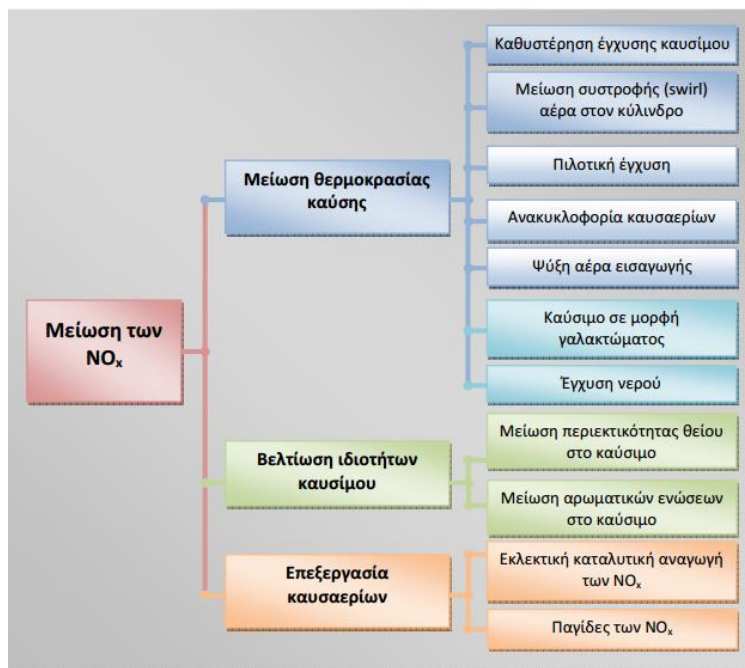
Οι παγίδες των NO<sub>x</sub> μπορούν να συνδυαστούν στους κινητήρες Diesel και με παγίδες αιθάλης. Το σύστημα αυτό γνωστό και ως DPNR (Diesel particulate and NO<sub>x</sub> Reduction) αναπτύχθηκε από την Toyota πριν μερικά χρόνια και έκτοτε βρίσκει ευρεία εφαρμογή (Σχήμα 4). Το DPNR μειώνει ταυτόχρονα τα PM και NO<sub>x</sub> στα καυσαέρια των πετρελαιοκινητήρων, με βάση τους καταλύτες αποθήκευσης NO<sub>x</sub> (NSC) κάνοντας χρήση και επανακυκλοφορίας καυσαερίου. (Trust, 2005)



**(DPNR: Diesel Particulate and NO<sub>x</sub> Reduction System)**

Σχήμα 4: Προτεινόμενο σχήμα DPNR από την Toyota

Η μείωση της θερμοκρασίας καύσης, η βελτίωση των ιδιοτήτων του καυσίμου και η επεξεργασία καυσαερίων βοηθούν στην μειωμένη έκτοπη NO<sub>x</sub>. Στο Σχήμα 5 παρουσιάζονται τρόποι μειωμένης εκπομπής NO<sub>x</sub> από τα πετρελαιοκίνητα οχήματα.



Σχήμα 5: Συγκεντρωτική απεικόνιση των μεθόδων μείωσης των NO<sub>x</sub> σε κινητήρες Diesel.

Τα φίλτρα σωματιδίων Diesel (DPFs) φιλτράρουν και απομακρύνουν τα PM από τα καυσαέρια των οχημάτων. Θεωρούνται αποτελεσματικά και συνήθως απομακρύνουν περισσότερο από το 90% των σωματιδίων που περιέχονται στα καυσαέρια. Τα σωματίδια συλλέγονται υπό τη μορφή αιθάλης, η οποία στη συνέχεια απομακρύνεται με θερμική αναγέννηση (ή απλούστερα καύση) για την αποφυγή δυσλειτουργίας του φίλτρου, δηλαδή η αιθάλη καίγεται ώστε να μην φράσσεται το φίλτρο. (“AirDMS Data Management System,” 2009)

Σε αντίθεση με τους προαναφερθέντες ρύπους το CO<sub>2</sub> τείνει να αυξάνεται ραγδαία. Ενώ οι κινητήρες έγιναν πιο αποδοτικοί, παράλληλα αυξήθηκαν και οι απαιτήσεις από αυτούς λόγω του επιπρόσθετου εξοπλισμού, όπως των συστημάτων ασφαλείας, της υδραυλικής υποβοήθησης και του κλιματισμού. (ΣΕΑΑ, 2012)



## **7. Δράσεις μείωσης εκπεμπόμενων ρύπων**

Η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων από τα οχήματα με στόχο να συμβαδίζουν με τα αντίστοιχα νομοθετικά μέτρα, επιτυγχάνεται μέσω της τεχνολογικής εξέλιξης των οχημάτων. Έτσι απαιτείται η συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων φορέων όπως είναι η βιομηχανία καυσίμου, η πολιτεία, οι οδηγοί και η αυτοκινητοβιομηχανία.

### **7.1 Δράσεις στην ηλικιακή κατανομή οχημάτων**

Η αντικατάσταση παλιών οχημάτων με οχήματα που ανταποκρίνονται σε αυστηρότερα όρια ρύπων, αποτελεί ένα από τα βασικότερα μέσα μείωσης των εκπομπών που προέρχονται από την οδική κυκλοφορία. Η μέση ηλικία του στόλου των οχημάτων μπορεί να μειωθεί με ποικίλα μέσα, όπως σχέδια απόσυρσης οχημάτων, οικονομικά κίνητρα για την αγορά νέων οχημάτων, καθώς και απαγόρευση εισαγωγής παλιών οχημάτων.

Η περιβαλλοντική απόδοση ενός στόλου οχημάτων μπορεί επίσης να βελτιωθεί με την εφαρμογή κατάλληλων σχεδίων ελέγχου και συντήρησης οχημάτων. Με την κατάλληλη συντήρηση, οχήματα μεγαλύτερης ηλικίας μπορεί να έχουν αντίστοιχη περιβαλλοντική απόδοση με μικρότερης ηλικίας οχήματα. Ο έλεγχος των οχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση πραγματοποιείται μέσω συγκεκριμένων διαδικασιών που έχουν καθοριστεί από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο (Council of the European Union 1996 και Council of the European Union 2000).

### **Αύξηση ενεργειακής απόδοσης οχημάτων**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δημιουργήσει προγράμματα που στοχεύουν στην αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και στην μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από την κυκλοφορία, προωθώντας την χρήση μεταφορικών μέσων υψηλής ενεργειακής απόδοσης (π.χ. λεωφορεία), προωθώντας παράλληλα εναλλακτικά καύσιμα και νέες τεχνολογίες με βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση.

Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα Marco Polo (European Commission 2004c) βασιζόμενο στον στόχο της E.E., στοχεύει στην μετάθεση 13,6δισ tn/km φορτίου ετησίως, από τις οδικές μεταφορές σε θαλάσσιες και σιδηροδρομικές μεταφορές. Επίσης η ευρωπαϊκή

πρωτοβουλία “Thematic strategy on air pollution” ενισχύει την χρήση εναλλακτικών καυσίμων, με στόχο την αντικατάσταση έως το 20% της συνολικής ποσότητας των συμβατικών καυσίμων με εναλλακτικά καύσιμα μέχρι το 2020.

Το σχέδιο δράσης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των οχημάτων (European Commission 2000d) προτείνει μέτρα για τη δημιουργία κινήτρων με στόχο την αύξηση του μέσου αριθμού επιβατών στα οχήματα, την προώθηση νέων και εναλλακτικών τεχνολογιών, την ενίσχυση της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών μέσων μεταφοράς, και τη γενικότερη αλλαγή της στάσης των πολιτών προς τις μεταφορές. Με στόχο την δραστική μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από την οδική κυκλοφορία, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει μια στρατηγική (European Commission 2005c), η οποία αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία:

1. Δημιουργία συμφωνιών με κατασκευαστές οχημάτων για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, που προέρχονται από τα νέα οχήματα μέσω της τεχνολογικής αναβάθμισης των οχημάτων.
2. Οικονομικά κίνητρα για την ενίσχυση της επιλογής οχημάτων φιλικών προς το περιβάλλον από τους αγοραστές. Η ευρωπαϊκή επιτροπή προτείνει την φορολόγηση των νέων οχημάτων σε σχέση με τις εκπομπές CO<sub>2</sub> που παράγουν. (European Commission 2005d)
3. Βελτίωση του βαθμού πληροφόρησης του καταναλωτή για την ενεργειακή απόδοση των οχημάτων. Για τον σκοπό αυτό η βρετανική βιομηχανία αυτοκινήτων προτείνει τη θέσπιση συστήματος καταγραφής των εκπομπών CO<sub>2</sub> των νέων οχημάτων.

## **7.2 Φορολόγηση Εκπομπών CO<sub>2</sub>**

Η φορολόγηση των αυτοκινήτων με βάση τις εκπομπές CO<sub>2</sub> μπορεί δυνητικά να μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> διαμορφώνοντας τη ζήτηση των καταναλωτών και θέτοντας οικονομικά κίνητρα για τους κατασκευαστές αυτοκινήτων και τους προμηθευτές καυσίμων. Ένα σύστημα φορολόγησης με βάση τις εκπομπές CO<sub>2</sub> ενισχύει την ενημέρωση των καταναλωτών για το ζήτημα και καθιστά συμμετόχους τους οδηγούς και τους ιδιοκτήτες αυτοκινήτων. Η πρόσφατη εμπορεία από κράτη

μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έδειξε ότι η εφαρμογή τέτοιων φορολογικών μέτρων μπορούν να επηρεάσει σημαντικά τη συμπεριφορά και τη ζήτηση των καταναλωτών.

Τα φορολογικά μέτρα παρέχουν ισχυρά κίνητρα καθώς ενθαρρύνουν, για παράδειγμα, την ταχεία ανανέωση του στόλου των αυτοκινήτων και παρακινούν τους καταναλωτές να στραφούν προς τα αυτοκίνητα με χαμηλότερη ρύπανση.

Στην Κύπρο όπως και σε άλλες χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης εφαρμόζεται η αρχή «Ο ρυπαίνων πληρώνει». Ο φόρος κατανάλωσης υπολογίζεται επί τον κυβισμό της μηχανής και διαφοροποιείται ανάλογα με τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, την ηλικία, τα διανύμενα χιλιόμετρα, τον τύπο και γενικά την κατάσταση του οχήματος. Οι συντελεστές του φόρου κατανάλωσης που επιβάλλεται στην Κύπρο παρουσιάζονται στον πίνακα.

<b>Κατηγορίες Οχημάτων</b>		<b>Κυβικά Εκατοστά</b>	<b>€/κυβ. εκ.</b>
<b>A</b>	Μηχανοκίνητα οχήματα που υπάγονται στους κωδικούς Σ.Ο. 8703 21 – 8703 90	0 – 1650	0,51
		1651 – 2250	3,42
		2251- 3000	5,98
		Πάνω από 5000	7,69
<b>B</b>	Μηχανοκίνητα οχήματα που υπάγονται στους κωδικούς Σ.Ο. 8703 & 8704 με δύο σειρές καθισμάτων γνωστά ως «διπλοκάμπινα» με μάζα που δεν υπερβαίνει τους 3,5 τόνους	ΟΛΑ	0,25
<b>Γ</b>	Μηχανοκίνητα οχήματα τύπου VAN που υπάγονται στον κωδικό Σ.Ο. 8704 με μικτό βάρος που δεν υπερβαίνει τα 2032 χιλιόγραμμα και καθαρό χώρο φορτίου που δεν υπερβαίνει τα 2 κυβ. μέτρα.	0 – 1450	0,17
		1451 – 1650	0,43
		1651 – 2050	1,28
		2051 – 2250	1,28
		2251 – 2650	1,28
		Πάνω από 2650	1,71

Ο συνολικός φόρος κατανάλωσης των οχημάτων στην κατηγορία Α διαφοροποιείται ανάλογα με τη μάζα εκπεμπόμενου CO<sub>2</sub>, ως ακολούθως:

- Για εκπομπές μέχρι 120gr/km μείωση κατά 30%
- Για εκπομπές πέραν των 120gr/km μέχρι 165gr/km μείωση κατά 20%
- Για εκπομπές πέραν των 165gr/km μέχρι 200gr/km μείωση κατά 10%
- Για εκπομπές πέραν των 200gr/km μέχρι 250gr/km αύξηση κατά 10%
- Για εκπομπές πέραν των 250gr/km αύξηση κατά 20% (Τελωνείου, 2006)

### **7.3 Εναλλακτικά καύσιμα**

Για την παραγωγή ενός καθαρότερου περιβάλλοντος για όλους, όσους ζουν και εργάζονται, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη εναλλακτικών και καθαρότερων καυσίμων. Τα προβλήματα θέρμανσης του πλανήτη, τα οποία σχετίζονται άμεσα με το περιεχόμενο των καυσίμων σε άνθρακα και το εκπεμπόμενο κατά την καύση CO<sub>2</sub> έχουν δημιουργήσει τα τελευταία χρόνια ένα κλίμα στροφής προς τα βιοκαύσιμα τα οποία καλούνται να υποκαταστήσουν σταδιακά τα συμβατικά καύσιμα.

Τα βιοκαύσιμα προέρχονται από οργανικά προϊόντα και θεωρούνται ανανεώσιμα καύσιμα. Ως ανανεώσιμα καύσιμα έχουν το χαρακτηριστικό των χαμηλότερων εκπομπών CO<sub>2</sub> στο συνολικό κύκλο ζωής τους σε σχέση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, στοιχείο που εξαρτάται άμεσα από την προέλευση τους, τη χρήση τους αλλά και τον τρόπο παραγωγής και διανομής τους. Κατά την καύση τους τα καύσιμα αυτά εκπέμπουν περίπου ίσες ποσότητες CO<sub>2</sub> με τα αντίστοιχα πετρελαϊκής προέλευσης. Επειδή όμως είναι οργανικής προέλευσης ο άνθρακας τον οποίο περιέχουν έχει δεσμευτεί κατά την ανάπτυξη της οργανικής ύλης από την ατμόσφαιρα στην οποία επανέρχεται μετά την καύση κι έτσι το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής του βιοκαυσίμου είναι θεωρητικά μηδενικό.

Σε μια προσπάθεια να προωθήσει την χρήση των βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών στην Ευρώπη, η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε την κοινοτική οδηγία 2003/30/EK η οποία ορίζει ότι βιοκαύσιμα είναι κάθε υγρό ή αέριο καύσιμο για τις μεταφορές το οποίο παράγεται από βιομάζα και χρησιμοποιημένα απόβλητα λαδιού μαγειρέματος. Σύμφωνα με την ίδια οδηγία στην κατηγορία των εναλλακτικών

καυσίμων είναι η βιοαιθανόλη, το βιοντίζελ, το βιοαέριο και το υδρογόνο. Τα προαναφερθέντα τέσσερα εναλλακτικά καύσιμα έχουν ως πρώτη ύλη την βιομάζα και το νερό. Η βιοαιθανόλη, το βιοντίζελ και το βιοαέριο παράγονται με κύρια πρώτη ύλη τη βιομάζα και δευτερεύουσα το νερό, το υδρογόνο παράγεται με κύρια ύλη το νερό, ενώ η βιομάζα θα μπορέσει να αποτελέσει στο μέλλον πρώτη ύλη για την παραγωγή του. Επίσης, η νομοθεσία προβλέπει ότι τα κράτη μέλη οφείλουν να διασφαλίσουν μια ελάχιστη αναλογία βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων που διατίθεται στις αγορές τους, αναλογία η οποία για το 2005 οριζόταν στο 2%, υπολογιζόμενη βάσει του ενεργειακού περιεχομένου επί του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου ντίζελ που ήταν διατεθειμένα στις αγορές τους, ως προς τη χρήση στις μεταφορές. Η αναλογία αυτή αυξήθηκε στο 5.75% στα τέλη του 2010 και μέχρι το 2020 αναμένεται να αυξηθεί στο 10%. (“Εναλλακτικά Καύσιμα,” n.d.)(Κιατου, 2012)

Η βιοαιθανόλη δημιουργείται όταν συνδυάζονται η βενζίνη και η βιομάζα. Όταν καίγεται παράγει CO<sub>2</sub> και νερό, το οποίο επανέρχεται στον κύκλο μέσω της φωτοσύνθεσης. Γι’ αυτόν το λόγο χαρακτηρίζεται ως ανανεώσιμο καύσιμο. Η βιοαιθανόλη είναι το εναλλακτικό καύσιμο που έχει τις πιθανότητες στο εγγύς μέλλον να χρησιμοποιηθεί υπό την προϋπόθεση ότι θα υπάρξει ανάλογη πολιτική βούληση.

Τα περισσότερα αυτοκίνητα θα έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν με βενζίνη που αναμιγνύεται με 5% βιοαιθανόλη και πολλοί κατασκευαστές αυτοκινήτων στο Ηνωμένο Βασίλειο θα καλύπτουν μόνο αυτό το μίγμα ποσοστού στις εγγυήσεις τους. Πολλά αυτοκίνητα θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν 90% βενζίνη με 10% βιοαιθανόλη αναμιγμένη με καύσιμα και αυτό δεν θα προκαλούσε κανένα επιβλαβές αποτέλεσμα σε μια συμβατική μηχανή.

Το βιοντίζελ μπορεί να δημιουργηθεί με το συνδυασμό γεωργικών συκομιδών ή αποβλήτων λαδιού μαγειρέματος σε συνδυασμό με το πετρέλαιο και αποτελεί μια εναλλακτική λύση σε σχέση με το κανονικό πετρέλαιο. (team, 2011)

Ως προϊόν ανανεώσιμων πηγών ενέργειας το βιοντίζελ είναι καθαρό, μη τοξικό και βιοαποικοδομήσιμο καύσιμο, δεν περιέχει αρωματικές ενώσεις και οι εκπομπές των ρυπαντών NO<sub>x</sub>, CO, άκαυστων HC και αιθάλης που προέρχονται από την καύση του στις μηχανές ντίζελ είναι πολύ χαμηλές, σχεδόν μηδενικές. Επίσης, το βιοντίζελ περιέχει αρκετό οξυγόνο (περίπου 10% κ.β.) που καθιστά την καύση λιγότερο ατελή, με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO, σε άκαυστους HC και σε αιθάλη να είναι πολύ μικρότερη απ'ότι στο συμβατικό ντίζελ. Επιπλέον, η καύση του βιοντίζελ δεν αυξάνει το επίπεδο του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, αφού η ποσότητα του CO<sub>2</sub> που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης αφομοιώνεται στη συνέχεια από το φυτό κατά τη φωτοσύνθεση. Ο πίνακας που ακολουθεί συγκρίνει το τυπικό προφίλ εκπομπών από την καύση του καθαρού βιοντίζελ (B100) με ένα συνηθισμένο μίγμα συμβατικού ντίζελ το οποίο αποτελείται από 20% βιοντίζελ και 80% ντίζελ (B20), χρησιμοποιώντας ως αναφορά τις εκπομπές από την καύση του πετρελαϊκού ντίζελ. (Κιατου, 2012)

<b>Εκπομπή</b>	<b>B100</b>	<b>B20</b>
<b>Μονοξείδιο του άνθρακα</b>	48%	12%
<b>Άκαυστοι υδρογονάνθρακες</b>	67%	20%
<b>Σωματίδια</b>	47%	12%
<b>Οξείδια του αζώτου</b>	10%	2%
<b>Οξείδια του θείου</b>	100%	20%
<b>Τοξικά αέρια</b>	60% έως 90%	12% έως 20%

B100: 100% Βιοντίζελ, B20: μίγμα αποτελούμενο από 20% βιοντίζελ και 80% ντίζελ

Παρά το γεγονός ότι το βιοντίζελ πλεονεκτεί ως ανανεώσιμο καύσιμο εμφανίζει παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες με το συμβατικό ντίζελ, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις έχει και καλύτερα χαρακτηριστικά από αυτό, όπως μεγαλύτερο σημείο ανάφλεξης οπότε είναι ασφαλέστερο στη χρήση. (Κιατου, 2012)

Το βιοαέριο είναι ένα μίγμα μεθανίου (60%), CO<sub>2</sub> (40%), μια μικρή ποσότητα υδρογόνου και σουλφίδιο υδρογόνου. Επειδή έχει λίγο άνθρακα καίγεται με

λιγότερους ρύπους, απ' ότι η βενζίνη. Η βενζίνη και το πετρέλαιο με την καύση τους παράγουν σαν κύρια συστατικά  $H_2O$  και  $CO_2$ . Από εκεί και πέρα δημιουργείται αιθάλη,  $SO_2$  (εξαιρετικός ρυπαντής),  $CO$  (συμμετέχει στις αντιδράσεις δημιουργίας των φωτοχημικών ρύπων), ακόρεστοι  $HC$  (γνωστοί για την μείωση του όζοντος), συμπυκνωμένοι  $HC$  και ενώσεις μολύβδου (βλαπτικές και καρκινογόνες ουσίες). Κατά συνέπεια είναι εύκολο να δει κανείς τη διαφορά μεταξύ των εναλλακτικών καυσίμων από τη βενζίνη και το πετρέλαιο.

Το υδρογόνο παράγεται από τις πολύ απλές αντιδράσεις της διάσπασης του νερού με τη βοήθεια ενέργειας που θα μπορούσε να αντικατασταθεί με ηλιακή ενέργεια υπό προϋποθέσεις. Με την καύση του υδρογόνου παράγεται νερό και θερμότητα η οποία είναι απαραίτητη για την κίνησή του. Όπως έχει προαναφερθεί το μοναδικό προϊόν που παράγεται είναι το νερό, έτσι και το υδρογόνο χαρακτηρίζεται ως ένα καύσιμο φιλικό προς το περιβάλλον.

Για να μπορέσουν τα εναλλακτικά καύσιμα να αντικαταστήσουν τα συμβατικά καύσιμα θα πρέπει να λυθούν βασικά προβλήματα. Σε ένα εργοστάσιο παραγωγής βιοαιθανόλης με την υπάρχουσα τεχνολογία απαιτείται απόσταξη, μία διεργασία η οποία χρειάζεται ενέργεια, δηλαδή μεγάλες ποσότητες πετρελαίου. Συγκεκριμένα απαιτείται ένα κιλό πετρέλαιο για να παραχθεί ένα κιλό οινόπνευμα. Αυτό σημαίνει ότι το ενεργειακό ισοζύγιο στην προκειμένη περίπτωση είναι αρνητικό και η χρήση αυτού του εναλλακτικού καυσίμου στα μεταφορικά μέσα αδόκιμη. Η παραγωγή βιοαιθανόλης 100% χωρίς κατανάλωση ενέργειας είναι ένα μεγάλο πρόβλημα που απασχολεί την παγκόσμια διεθνή κοινότητα. Δυστυχώς μέχρι σήμερα δεν έχει δοθεί λύση.

Το πρόβλημα παραγωγής του βιοαερίου είναι ίσως πιο περίπλοκο απ' ότι είναι η παραγωγή της βιοαιθανόλης. Η μεθανική ζύμωση χαρακτηρίζεται από μικρή ταχύτητα, με αποτέλεσμα να απαιτούνται μεγάλοι βιοαντιδραστήρες και μεγάλοι όγκοι εγκαταστάσεων. Η επιστημονική έρευνα πρέπει να μειώσει το χρόνο της ζύμωσης για να μειώσει τον όγκο των εγκαταστάσεων και βεβαίως το κόστος.

Για την παραγωγή του υδρογόνου, το εμπόδιο είναι ότι για να γίνει η αντίδραση θερμικής διάσπασης του νερού χρειάζεται  $4600^{\circ}\text{C}$ , μια θερμοκρασία απαγορευτική δεδομένου ότι δεν βρίσκονται υλικά για να κατασκευασθεί ο αντιδραστήρας παραγωγής υδρογόνου. Επίσης, η υψηλή θερμοκρασία που απαιτείται για τη διάσπαση δημιουργεί αρνητικό ισοζύγιο, δηλαδή, αποδίδει λιγότερη ενέργεια από την ενέργεια που χρειάζεται για να παραχθεί. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας καταλύτης ώστε να μειώσει τη θερμοκρασία διάσπασης του νερού κάτω από τους  $1000^{\circ}\text{C}$  και να παράγεται υδρογόνο στη συνήθη θερμοκρασία. Αυτή θα αποτελούσε μία πιο φιλική προς το περιβάλλον βιομηχανική μεθοδολογία. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι η μεγάλη εκρηκτικότητα του υδρογόνου. Η χρήση του υδρογόνου μπορεί να δώσει ολοκληρωτική λύση στο ενεργειακό ζήτημα, υπό την προϋπόθεση ότι θα λυθούν τα προβλήματα που έχουν προαναφερθεί. (Κουτίνας, 1973)

Η αντικατάσταση των συμβατών καυσίμων με τα εναλλακτικά καύσιμα σε καμία περίπτωση δεν είναι εφικτή. Η ενεργειακή απόδοση των βιοκαυσίμων είναι άνιση σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα. Αν και χαρακτηρίζονται φιλικά ως προς το περιβάλλον καύσιμα όσο αφορά την καύση, η καλλιέργεια των φυτών απαιτεί μεγάλη σπατάλη ενέργειας και ποσότητα λιπασμάτων. Επίσης, ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι η χρήση φυτών τα οποία προορίζονται για τροφή του ανθρώπου με αποτέλεσμα να προκαλείται υποσιτισμός και πείνα σε φτωχές χώρες από την έλλειψη βασικών αγαθών.

Η Mercedes έχει ήδη ένα αναπτυγμένο πρόγραμμα βασισμένο στην καλλιέργεια του θάμνου *jatropha* που φύεται σε άγονη γη και δεν ανταγωνίζεται τα φυτά που χρησιμοποιούνται για διατροφή. (Κιατου, 2012)

#### **7.4 Ηλεκτρικά οχήματα**

Τα ηλεκτρικά οχήματα (αυτοκίνητα, ελαφρά φορτηγά, ποδήλατα, ηλεκτρικά μηχανικά δίκυκλα, μικρά οχήματα γκολφ και άλλα παρόμοια) αποτελούν μια εναλλακτική λύση για απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Βρίσκονται στο επίκεντρο σχεδιασμού για «πράσινες» μεταφορές καθώς δεν παράγουν καυσαέρια και



παράλληλα με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας, η ρύπανση του αέρα περιορίζεται σε τοπικό επίπεδο.

Αν και θεωρείται ως η πιο προσιτή λύση για μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων από τα οχήματα, εντούτοις υπάρχει η απόδειξη ότι τα ηλεκτρικά οχήματα είναι τόσο «πράσινα» όσο η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιούν. Συγκεκριμένα, αν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα τροφοδοτούνται με ρεύμα που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων, τότε απελευθερώνουν αέρια του θερμοκηπίου, ωστόσο και πάλι οι εκπομπές είναι αρκετά χαμηλότερες συγκριτικά με τις εκπομπές των αυτοκινήτων που διαθέτουν μηχανές εσωτερικής καύσης.

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα για να είναι φιλικά προς το περιβάλλον θα πρέπει η πηγή απ' όπου φορτίζονται να μην σχετίζεται με ορυκτά καύσιμα και άλλες ρυπογόνες πηγές. Η ενέργεια θα πρέπει να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (ηλιακή, αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια), από ανανεώσιμες πηγές με μεταφορά ενέργειας σε ηλεκτρική (βιοκάύσιμα) και από μονάδες συμπαραγωγής.

Πρόσφατη έρευνα του Διεθνούς Συμβουλίου Καθαρών Μεταφορών (ICCT) προέβλεψε ότι μέχρι το 2015 το ηλεκτρικό Nissan Leaf θα εκλύει 20gr/km CO<sub>2</sub> αν κυκλοφορεί στους δρόμους της Γαλλίας, η οποία στηρίζεται στην πυρηνική ενέργεια. Το ίδιο όχημα ωστόσο θα εκλύει 114gr/km CO<sub>2</sub> στο Ηνωμένο Βασίλειο, που εξαρτάται από ρυπογόνες μονάδες.

Στην αγορά είναι διαθέσιμα οχήματα μικρού κυβισμού που διαθέτουν συσσωρευτές (μπαταρίες) και ηλεκτροκινητήρα ώστε να κινούνται αξιοποιώντας την ηλεκτρική ενέργεια. Το υλικό κατασκευής των μπαταριών είναι μόλυβδος-οξέος. Η φόρτιση γίνεται σε κανονικές πρίζες και απαιτούνται 7-8 ώρες. Η ενέργεια που απαιτείται για μια πλήρη φόρτιση είναι 9,66kWh. Με κάθε πλήρη φόρτιση τα οχήματα μπορούν να διανύσουν μέχρι 80km και μπορούν να αναπτύξουν ταχύτητα μέχρι 80km/h. Η διαδρομή 80km έχει κόστος 1,32 ευρώ (με χρήση της χαμηλότερης βραδινής χρέωσης της ΑΗΚ το κόστος μειώνεται σε 0,90 ευρώ) ενώ ένα συμβατικό βενζινοκίνητο αυτοκίνητο με μέση κατανάλωση καυσίμου 6λίτρα/100km θα χρειαζόταν για 80km να δαπανήσει περίπου 8 ευρώ σε βενζίνη.

Έχει προηγηθεί μεγάλη εκστρατεία για τα βραχυπρόθεσμα οφέλη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, ωστόσο μακροπρόθεσμα δεν αποδεικνύεται και τόσο επιτυχημένη τεχνολογία. Για να μετατραπεί σε φιλικότερη τεχνολογία προς το περιβάλλον θα πρέπει να αφαιρεθεί ο άνθρακας από το ευρωπαϊκό ηλεκτρικό δίκτυο. (“«Βρώμικο» ρεύμα κάνει τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ρυπογόνα,” 2012)

Οι καινούργιες τεχνολογίες ηλεκτρικών οχημάτων υπόσχονται οχήματα με μεγαλύτερο αμάξωμα, αναβαθμισμένο σχεδιασμό, αρκετά ευρύχωρα, τετράπορτα ή πεντάπορτα αυτοκίνητα που με κάθε πλήρη φόρτιση θα έχουν την δυνατότητα να διανύσουν 130-160km. Η δυνατότητα για κάλυψη της μέγιστης απόστασης από τα ηλεκτρικά οχήματα είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις καιρικές συνθήκες, τη λειτουργία του κλιματιστικού, την επιτάχυνση, τον τρόπο οδήγησης κλπ. Ορισμένοι σχεδιαστές έχουν εγκαταστήσει φωτοβολταϊκά συστήματα νέας τεχνολογίας στην οροφή του κάθε οχήματος με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο μέγιστος αριθμός κατά 20 χιλιόμετρα την ημέρα. Επίσης η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω του φρεναρίσματος προσδίδει μεγαλύτερο χρόνο ζωής στην μπαταρία, αυξημένη δυνατότητα επιτάχυνσης και ακόμη μεγαλύτερη αυτονομία στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. (“ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ,” n.d.)

Ο κύριος λόγος που δεν έχει διαδοθεί η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας ως εναλλακτικό καύσιμο είναι η απουσία συχνών σταθμών φόρτισης. Οι εταιρείες μελετούν την πρόταση σχεδιασμού μπαταρίας ανάλογες με την καθημερινή απόσταση που διανύει κάθε οδηγός. Επίσης η μπαταρία έχει υψηλό κόστος κατασκευής με αποτέλεσμα το κόστος του οχήματος να είναι πολύ υψηλό σε σύγκριση με τα οχήματα που λειτουργούν με συμβατά καύσιμα, χρειάζονται αντικατάσταση κάθε μερικά χρόνια είναι πολύ βαριές και ογκώδης.

## **7.6 Υβριδικά Οχήματα**

Τα υβριδικά αυτοκίνητα προσπαθούν να συνδυάσουν τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών και των συμβατικών αυτοκινήτων με βενζινοκινητήρα ή ντίζελ. Χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης και ηλεκτρικούς κινητήρες μαζί με συστοιχία μπαταριών (πολύ μικρότερη σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά οχήματα). Η μπαταρία φορτίζεται από τον βενζινοκινητήρα.

Η λογική λειτουργίας των υβριδικών αυτοκινήτων, είναι η χρήση του καθενός από τα συστήματα κίνησης στον τομέα όπου αυτό είναι καλύτερο. Σε χαμηλές ταχύτητες, λειτουργεί μόνο ο ηλεκτροκινητήρας κινώντας το αυτοκίνητο αθόρυβο και χωρίς ρύπους. Χαμηλές ταχύτητες συναντώνται κυρίως στην πόλη όπου παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση ρύπων, λόγω αυξημένης κίνησης η λειτουργία του ηλεκτρικού κινητήρα και όχι εσωτερικής καύσης συμβάλλει στην μειωμένη εκπομπή ρύπων. Όταν χρειαστεί το μέγιστο της ισχύος του αυτοκινήτου συνήθως υπάρχει η δυνατότητα να δουλεύουν ταυτόχρονα ο ηλεκτροκινητήρας και ο βενζινοκινητήρας. Στην πόλη ο ηλεκτροκινητήρας δουλεύει περισσότερο έτσι η εξοικονόμηση καυσίμου μπορεί να φτάσει μέχρι το 40%, ενώ στον αυτοκινητόδρομο όπου απαιτείται η μέγιστη ισχύς η οικονομία μειώνεται στο 20%.

Το κύριο πλεονέκτημα του υβριδικού οχήματος είναι ότι το ρεύμα που χρησιμοποιούν παράγεται μέσα στο όχημα σε ελεγχόμενες συνθήκες, έτσι αποφεύγεται η ρύπανση του περιβάλλοντος για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που θα χρειαζόταν το όχημα να φορτιστεί. Επειδή, ο βενζινοκινητήρας δεν είναι υποχρεωμένος να λειτουργεί συνέχεια μιας και ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να ξεκινά και να σταματά σχεδόν ακαριαία η μηχανή σβήνει στα φανάρια και γενικά κατά τη διάρκεια που το όχημα είναι σε στάση αποφεύγοντας έτσι τη σπατάλη που έχουμε σήμερα. Ακόμα στα υβριδικά αυτοκίνητα είναι δυνατόν να σχεδιαστεί ο βενζινοκινητήρας για να δουλεύει σε μία μικρή περιοχή στροφών με τη βέλτιστη απόδοση.

Εξαιτίας του γεγονότος ότι η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από τα ίδια οχήματα, η διείσδυση τους στην αγορά ήταν σχετικά εύκολη. Επίσης, χρησιμοποιούν τις ίδιες εγκαταστάσεις προμήθειας ενέργειας που χρησιμοποιούνται από τα συμβατικά οχήματα, έτσι δεν απαιτούν επενδύσεις σε νέες υποδομές υποστήριξης. Ακόμη, προσφέρουν στο χρήστη σημαντική οικονομία καυσίμου, την ίδια ή και μεγαλύτερη αυτονομία σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα και πολύ πλούσιο εξοπλισμό συνδυασμένο με αυτόματη λειτουργία και πολύ άνετη οδήγηση. Τα υβριδικά αυτοκίνητα έχουν πλέον αποκτήσει ένα μικρό μερίδιο στην αγορά το οποίο αυξάνεται συνεχώς ενώ περισσότερα εργοστάσια κατασκευής διαθέτουν ένα αυξανόμενο αριθμό μοντέλων που προσφέρουν διάφορες μορφές και τεχνολογικές λύσεις. (“Υβριδικά Οχήματα (Hybrid Electric Vehicles – HEV),” 2012)

Το πιο εντυπωσιακό χαρακτηριστικό όμως των υβριδικών αυτοκινήτων (και κάτι που το έχουν κληρονομήσει από τα ηλεκτροκίνητα) είναι η δυνατότητα του ηλεκτροκινητήρα να λειτουργεί κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος σαν γεννήτρια φορτίζοντας τις μπαταρίες και διευκολύνοντας το έργο των φρένων, εξοικονομώντας έτσι μεγάλα ποσά ενέργειας που έτσι και αλλιώς θα πήγαιναν χαμένα. (“Υβριδικά αυτοκίνητα VS Ηλεκτρικά αυτοκίνητα,” n.d.)

Με την πάροδο του χρόνου όλο και περισσότερα οχήματα τείνουν να χαρακτηρίζονται ως υβριδικά, αν και πολλά από αυτά δεν ανήκουν στην κατηγορία των πλήρως υβριδικών αυτοκινήτων αλλά έχουν ενσωματώσει διάφορες μικροϋβριδικές εφαρμογές. Μία σημαντική παράμετρος που χαρακτηρίζει τη λειτουργία τους είναι ο συντελεστής υβριδοποίησης ο οποίος υπολογίζεται ως ο λόγος της ισχύος του ηλεκτροκινητήρα (ή των ηλεκτροκινητήρων) και της συνολικής ισχύος του οχήματος (άθροισμα της ισχύος του θερμικού κινητήρα και του ηλεκτροκινητήρα ή των ηλεκτροκινητήρων). Η Επιτροπή προτείνει τον διαχωρισμό τους στις ακόλουθες τρεις υποκατηγορίες σύμφωνα με τα αντίστοιχα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους:

- Μικροϋβριδικά (Micro Hybrid): Είναι αυτά που διαθέτουν τη λειτουργία της αυτόματης κράτησης (διακοπής λειτουργίας) και επανεκκίνησης του κινητήρα. Διαθέτουν ηλεκτροκινητήρα με ισχύ ίση με 4kW – 6kW, συντελεστή υβριδοποίησης ενδεικτικά ίσο με 5% ενώ αναμένεται μία εκτιμώμενη βελτίωση της κατανάλωσης ίση με 5% – 7%.
- Ελαφρώς Υβριδικά (Mild Hybrid): Είναι αυτά που διαθέτουν τη λειτουργία της αυτόματης κράτησης και επανεκκίνησης και, επιπρόσθετα, τη συμμετοχή του ηλεκτροκινητήρα στην προώθηση και την ανάκτηση ενέργειας. Διαθέτουν ηλεκτροκινητήρα (ή ηλεκτροκινητήρες) με ισχύ ίση με 10kW – 15kW, συντελεστή υβριδοποίησης ενδεικτικά ίσο με 10% ενώ αναμένεται μία εκτιμώμενη βελτίωση της κατανάλωσης ίση με 12% – 18%.
- Πλήρως Υβριδικά (Full Hybrid): Είναι αυτά που διαθέτουν τη λειτουργία της αυτόματης κράτησης και επανεκκίνησης, τη συμμετοχή του ηλεκτροκινητήρα στην προώθηση, την ανάκτηση ενέργειας και, επιπρόσθετα, έχουν τη δυνατότητα να κινούνται ως αμιγώς ηλεκτρικά. Διαθέτουν ηλεκτροκινητήρα (ή ηλεκτροκινητήρες) με ισχύ ίση με 30kW – 50kW, συντελεστή

υβριδοποίησης ενδεικτικά ίσο με 25% ενώ αναμένεται μία εκτιμώμενη βελτίωση της κατανάλωσης ίση με 20% – 25%. (“Υβριδικά Οχήματα (Hybrid Electric Vehicles – HEV),” 2012)

Όμως όπως τα νομίσματα έχουν δύο όψεις, έτσι και τα υβριδικά οχήματα. Εκτός από τα θετικά ότι μειώνουν τους εκπεμπόμενους ρύπους και την κατανάλωση καυσίμων διαθέτουν και κάποια αρνητικά χαρακτηριστικά. Παρ’ όλο που έχουν καλύτερες επιδόσεις από τα συμβατικά οχήματα, τα υβριδικά έχουν υψηλότερο κόστος. Τα περισσότερα έχουν μικρή χωρητικότητα στο πορτ-μπαγκάζ. Το αυξημένο βάρος, λόγω μπαταριών επιδρά στην οδική τους συμπεριφορά. Όπως έχει προαναφερθεί οι μπαταρίες φορτίζονται από το φρενάρισμα, δυστυχώς ο τρόπος αυτός δεν είναι αρκετός για να φορτιστούν γρήγορα. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο ηλεκτροκινητήρας να μην μπορεί να λειτουργήσει για πολύ χρόνο και σε μεγάλες αποστάσεις να χρησιμοποιείται και η μηχανή εσωτερικής καύσης.

### **7.7 Πετρέλαιο πόλης**

Το πετρέλαιο πόλης έχει πολύ μικρή περιεκτικότητα θείου (0,001%) έτσι κατά την καύση του παράγει 85% λιγότερα PM, 99% λιγότερα NOx, 30% λιγότερο CO και λιγότερο CO<sub>2</sub>. Γι’ αυτό χαρακτηρίζεται ως «φιλικό» προς το περιβάλλον καύσιμο σε αντίθεση με το συμβατό πετρέλαιο. (Sadgrove, 1997)

Το πετρέλαιο πόλης μπορεί να χρησιμοποιηθούν πιο αποτελεσματικά στις πόλεις όπου τα επίπεδα ρύπανσης είναι υψηλότερα. Ένα άλλο πλεονέκτημα των καθαρών καυσίμων είναι ότι εξουδετερώνει τον ορατό καπνό και την χαρακτηριστική μυρωδιά του πετρελαίου. (*Pollution: Causes, Effects and Control*, 2001)

### **7.8 Υγραεριοκίνητα οχήματα**

Αναμφισβήτητα το υγραέριο αποτελεί το προτιμότερο ορυκτό καύσιμο σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται από τα οχήματα. Ο λόγος είναι η μικρή και σχεδόν μηδενική εκπομπή ρύπων.

Σε σύγκριση με τα βενζινοκίνητα οχήματα, το υγραέριο εκπέμπει 20% λιγότερο CO<sub>2</sub>, και συγκρινόμενο με τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, το υγραέριο παράγει λιγότερες

ποσότητες NOx. Επίσης, το υγραέριο είναι φθηνότερο σε σχέση με τη βενζίνη και το πετρέλαιο και προκαλεί λιγότερες φθορές στον κινητήρα.

### **7.9 Έξυπνη διαχείριση της κυκλοφορίας**

Η δημιουργία κατάλληλων υποδομών συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Μιας και η κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι η κύρια πηγή εκπομπών CO<sub>2</sub>, η καλύτερη σχεδίαση των δρόμων και η έξυπνη διαχείριση της κυκλοφορίας προσφέρουν αποτελεσματικές λύσεις. Ένας τρόπος μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> είναι η βελτίωση της επιφάνειας των δρόμων με συνεπακόλουθο τη μείωση στην αντίσταση κύλισης, ώστε το όχημα να χρειάζεται λιγότερο καύσιμο για να διανύσει την ίδια απόσταση.

Επίσης, πρέπει να οργανωθούν σεμινάρια και ενημερωτικές ημερίδες ώστε να εκπαιδεύσουν και να μυήσουν τους οδηγούς να σκέφτονται πριν επιβιβασθούν στα οχήματα τις διαδρομές που θέλουν να διανύσουν και στη συνέχεια να σκέφτονται την καλύτερη διαδρομή. Με αυτό τον τρόπο θα εξοικονομούν χρόνο, καύσιμα και θα περιορίζεται η ρύπανση του περιβάλλοντος.

Μια άλλη πρόταση είναι ο οδηγός να έχει την δυνατότητα να συνδυάσει τη χρήση του ιδιωτικού του οχήματος με δημόσιες συγκοινωνίες, με κριτήριο την απόσταση, το χρόνο, την ελάχιστη κατανάλωση καυσίμου ή την περισσότερο περιβαλλοντικά φιλική διαδρομή.

### **7.10 Οικολογική οδήγηση – Αλλαγές στον τρόπο οδήγησης**

Η οικολογική οδήγηση αποτελεί ένα έξυπνο τρόπο οδήγηση, ο οποίος συμβάλλει στη μειωμένη κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων. Είναι ένας τρόπος οδήγησης που μπορεί εύκολα να εφαρμοστεί τόσο από τους οδηγούς επιβατικών αυτοκινήτων όσο και από τους επαγγελματίες οδηγούς φορτηγών και λεωφορείων.

Σε μεγάλες ταχύτητες η αντίσταση του ανέμου αυξάνεται γρήγορα. Για παράδειγμα στα 110km/h περίπου χρειάζεται 20%-25% περισσότερο καύσιμο απ' ό τι στα 90km/h. Επιπλέον, η ταχύτητα πρέπει να είναι σταθερή και χαμηλή όπου αυτό είναι

δυνατό, όπως και η εναλλαγή ταχυτήτων να γίνεται μεταξύ των 2000 και 2500 στροφών.

Ο κύκλος κατανάλωσης καυσίμου είναι πάντα πιο αυξημένος στην πόλη απ' ό τι στον αυτοκινητόδρομο, λόγω της διαρκούς ανάγκης για συνεχόμενες εναλλαγές φρένου – γκαζιού και όχι λόγω της χαμηλής ταχύτητας. Το απότομα πάτημα του γκαζιού αυξάνει δραματικά την κατανάλωση καυσίμου. Το φρενάρισμα σπαταλά την ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε για την κίνηση του αυτοκινήτου. Αυτό που πρέπει να κάνουν οι οδηγοί είναι να κοιτούν όσο το δυνατό πιο μπροστά κατά την οδήγηση, έτσι ώστε να μπορούν να προσαρμόσουν την ταχύτητα του οχήματος νωρίς, χωρίς να χρειάζεται να φρενάρουν μέχρι να ακινητοποιηθεί το όχημα.

Η χρήση του κλιματισμού αυξάνει κατά 10% την κατανάλωση, σε ταχύτητες μεγαλύτερες των 80km/h, η περιορισμένη χρήση του έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη κατανάλωση σε σύγκριση με το άνοιγμα του παραθύρου, το οποίο αυξάνει την αντίσταση του οχήματος στον αέρα.

Η σχάρα οροφής επιβαρύνει τον αεροδυναμικό συντελεστή του αυτοκινήτου, με αποτέλεσμα να χρειάζεται μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου για να λειτουργήσει ο κινητήρας. Επίσης, χρειάζεται μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου όταν αυξάνεται το βάρος του οχήματος

Όταν το όχημα βρίσκεται σε καλή κατάσταση (πραγματοποιούνται συχνά service, η πίεση των ελαστικών πρέπει να ελέγχεται τουλάχιστον μια φορά το μήνα), οι εκπομπές ρύπων διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα και η κατανάλωση είναι μικρή. Ακόμη το όχημα θα έχει μεγαλύτερη ασφάλεια και αξιοπιστία καθώς αυξάνεται ο χρόνος ζωής του. (“Οικολογική Οδήγηση,” n.d.)

## **8. Συμπεράσματα**

Ο στόχος της παρούσας πτυχιακής μελέτης είναι η πρόβλεψη των αέριων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030. Η πρόβλεψη πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος εκπεμπόμενων ρύπων, COPERT.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση μειώνει συνεχώς τα επιτρεπόμενα όρια ρύπων ασκώντας πιέσεις στις βιομηχανίες οχημάτων να κατασκευάζουν οχήματα με βελτιωμένη τεχνολογία. Παράλληλα, μειώνεται η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο καθιστώντας τα «καθαρότερα». Το 2020 προβλέπεται ότι τα οχήματα θα χρησιμοποιούν καύσιμα τεχνολογίας Euro 6 τα οποία έχουν τη μικρότερη περιεκτικότητα σε θείο. Ακόμη, το 2030 αναμένεται ότι τα οχήματα που καταναλώνουν καύσιμα τεχνολογίας Euro 1 (καύσιμα με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε θείο) θα έχουν αποσυρθεί. Από τους υπολογισμούς που έχουν πραγματοποιηθεί προβλέπεται ότι οι ρύποι CO, NO<sub>x</sub>, NMVOC και PM θα μειωθούν σε αντίθεση με το CO<sub>2</sub>, το οποίο αυξάνεται ραγδαία. Οι εκπομπές CO στην πόλη αναμένεται ότι θα μειωθούν κατά 50% το 2030 συγκριτικά με το 2010. Ακόμη η συγκέντρωση των PM (PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>10</sub>) στους αυτοκινητόδρομους προβλέπεται ότι το 2030 θα μειωθεί κατά 70% σε σύγκριση με το 2010.

Η αύξηση του CO<sub>2</sub> οφείλεται στη σύσταση των ορυκτών καυσίμων, όπως επίσης και στις τεχνολογίες μείωσης των προαναφερόμενων ρύπων. Οι τεχνολογίες κατά την καύση του καυσίμου στον κινητήρα αποτρέπουν τη δημιουργία άλλων ρύπων ενώ παράγουν CO<sub>2</sub> και νερό.

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση ρύπων παρατηρείται στις αστικές περιοχές λόγω των συχνών εκκινήσεων και του μεγάλου πληθυσμού οχημάτων. Οι εκπεμπόμενοι ρύποι σχετίζονται με το καύσιμο που χρησιμοποιεί η κάθε κατηγορία οχημάτων. Από την καύση της βενζίνης παράγεται CO<sub>2</sub>, CO και NMVOC. Έτσι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των ρύπων προέρχεται από τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Τα φορτηγά χρησιμοποιούν ως καύσιμο το πετρέλαιο γι' αυτό ευθύνονται για το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών PM και NO<sub>x</sub>.

Ο στόχος για μια καθαρότερη ατμόσφαιρα στο επίπεδο των οδικών μεταφορών με την πάροδο των χρόνων αρχίζει να επιτυγχάνεται. Πρέπει να μελετηθούν σε βάθος «Οι



πολιτικές μείωσης των ρύπων» και να δοθούν κίνητρα στους οδηγούς για να τις επιλέγουν. Οδηγοί με οχήματα χαμηλής εκπομπής ρύπων θα μπορούσαν να έχουν ειδικό χώρο στάθμευσης και σε δρόμους με αυξημένη κυκλοφορία να υπάρχει ειδική λωρίδα. Ακόμη να επιχορηγείται η αγορά τέτοιων οχημάτων, όπως και να παρέχεται μειωμένη χρέωση ή και απαλλαγή από τα τέλη κυκλοφορίας. Αν η πλειοψηφία των οδηγών επιλέξει τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων όπως ηλεκτρισμό, φυσικό αέριο, κτλ, η ΕΕ θα ανεξαρτητοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων και παράλληλα θα μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Την αρχή θα πρέπει να την κάνει η κυβέρνηση αντικαθιστώντας τα οχήματα τους με οικολογικότερα.

Όπου είναι δυνατόν θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση των αυτοκινήτων και να χρησιμοποιούνται άλλα μέσα όπως το ποδήλατο και τα πόδια. Ακόμη όταν είναι εφικτό να χρησιμοποιούνται τα Μέσα Μαζικής Συγκοινωνίας. Οι εκπομπές από την οδική κυκλοφορία με την πάροδο των χρόνων μειώνονται αλλά δεν μηδενίζονται. Για να μειωθεί περισσότερο η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα οχήματα και για την εξοικονόμηση ορυκτών καυσίμων απαιτείται να γίνουν στους οδηγούς εκπαιδευτικά, ενημερωτικά σεμινάρια σχετικά με την αναγκαιότητα της οικολογική οδήγησης.

## **9. Βιβλιογραφία**

- «Βρώμικο» ρεύμα κάνει τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ρυπογόνα | EcoNews.gr. (2012). *ECONEWS*. Retrieved April 27, 2013, from <http://www.econews.gr/2012/09/20/ilektrika-aftokinita-erevna-icct/>
- ACEA. (2007). *ΜΕΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO2 ΑΠΟ ΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΜΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ*.
- AirDMS Data Management System. (2009). *air-quality*. Retrieved March 21, 2013, from <http://www.air-quality.gr/so2.php>
- COPERT. (2013). *Wikipedia, the free encyclopedia*. Retrieved March 13, 2013, from <http://en.wikipedia.org/wiki/COPERT>
- Environmental Protection Management & Economics. (2012). *Enveco*. Retrieved from <http://www.enveco.gr/logismiko.aspx?menuID=8&CatID=36>
- Eu-Portal. (2003). *Περιβάλλον, Ενέργεια και Μεταφορές* (pp. 1–61). Retrieved from [http://www.eu-portal.net/material/downloadarea/kt5\\_wm\\_gr.pdf](http://www.eu-portal.net/material/downloadarea/kt5_wm_gr.pdf)
- European Environment Agency. (2006). COPERT 4 Estimating emissions from road transport.
- Pearson, J. K. (2001). *Improving air quality: progress and challenges for the auto industry* (p. 225). SAE. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=tt1x3yycjI8C&pgis=1>
- Pollution: Causes, Effects and Control*. (2001). (p. 579). Royal Society of Chemistry. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=1kFbRYQUqcAC&pgis=1>
- Reis, S. (2005). *Costs of Air Pollution Control: Analyses of Emission Control Options for Ozone Abatement Strategies* (p. 203). Springer. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=-9yTDzC0VvUC&pgis=1>
- Review, A. B. (n.d.). Πόσο καθαρός είναι ο αέρας που αναπνέουμε ;, 28–29.
- Sacconi, G. (2008). *Λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα θα εκπέμπουν τα αυτοκίνητα του μέλλοντος*. Retrieved from <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+IM-PRESS+20080616STO31715+0+DOC+XML+V0//EL>
- Sadgrove, K. (1997). *The A-Z of Corporate Environmental Management* (Vol. 0, p. 373). Earthscan. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=zOuSMicVysoC&pgis=1>
- team, D. (2011). Bio diesel :: Πράσινη κατανάλωση. *DOLCETA*. Retrieved from <http://www.dolceta.eu/kypros/Mod5/Bio-diesel.html>

- Trust, E. S. (2005). «Καθαρά» Καύσιμα & Οχήματα, 1–45.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής. (n.d.). 1. Εισαγωγή. *Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής*. Retrieved March 3, 2013, from <http://www.opengov.gr/minenv/?p=3530>
- Αλέξανδρος Μπούκουρης. (1998). Μονοξείδιο Του Ανθρακα (CO). *kybernografoi.gr*. Retrieved March 20, 2013, from <http://www.kybernografoi.gr/modules.php?name=News&file=article&sid=52>
- Εκπεμπόμενοι ρύποι από την κυκλοφορία για τα δύο βασικά σενάρια : (α) Χωρίς μετρό και (β) Με μετρό. (n.d.). Retrieved from <http://poseidon.library.tuc.gr/artemis/MT2008-0094/MT2008-0094.pdf>
- Εναλλακτικά Καύσιμα. (n.d.). *ecoformula*. Retrieved April 30, 2013, from <http://www.ecoformula.gr/εναλλακτικά-καύσιμα/>
- ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ. (2004). ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΣΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΣΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ, 1–62.
- ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ. (2005). EUR-Lex - 52005PC0261 - EL. ΟΡΟCE. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52005PC0261:EL:HTML>
- Ζαχαριάδης, Θεόδωρος Ι. (1997). *Zachariadis\_PHD\_Word2000*. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ.
- ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ. (n.d.). *ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ*. Retrieved April 27, 2013, from <http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu3-11-2>
- Κιατου, Ε Π Α Λ. (2012). *Εναλλακτικά καύσιμα*.
- Κουτίνας, Θανάσης. (1973). *Εναλλακτικά καύσιμα*.
- Μέλλιος, Γιώργος, Ζήσης Σαμαράς. (2009). *Απογραφή εκπομπών*.
- ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α. ΚΥΡΙΑΚΗΣ. (1998). Οι Συνθήκες Εκκίνησης Κινητήρα σε Συσχετισμό με τη Χρήση των Επιβατικών Αυτοκινήτων στην Αθήνα. *Τεχν. Χρον. Επιστ. Εκδ, IV, Τεύχ. 2 1998, (2), 49–57*.
- Οικολογική Οδήγηση. (n.d.). *ΕΛΠΑ*. Retrieved April 5, 2013, from <http://www.elpa.gr/index.php/asfaleia/oikologiki>
- ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ. (2009). *www.air-quality.gr*. Retrieved March 20, 2013, from <http://www.air-quality.gr/nox.php>

ΣΕΑΑ. (2012). *Οδηγός κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα* (pp. 1–65). Retrieved from [http://www.seaa.gr/sites/seaa/files/CO2 Guide 2012.pdf](http://www.seaa.gr/sites/seaa/files/CO2%20Guide%202012.pdf)

Τελωνείου, Τμήμα. (2006). ΤΕΛΩΝΕΙΟ - Οχήματα - Φόροι κατανάλωσης επί των αυτοκινήτων από τις 7 Νοεμβρίου 2006. *ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ*. Retrieved March 25, 2013, from <http://www.mof.gov.cy/mof/customs/customs.nsf/All/5F243260AD68DF25C2257424003A8075?OpenDocument>

Υβριδικά αυτοκίνητα VS Ηλεκτρικά αυτοκίνητα. (n.d.). *Topikes Agelies*. Retrieved April 4, 2013, from <http://www.topikesagelies.gr/cms/node/461>

Υβριδικά Οχήματα (Hybrid Electric Vehicles – HEV). (2012). *Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής*. Retrieved April 4, 2013, from <http://www.opengov.gr/minenv/?p=3528>